



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA  
DE MINAS Y ENERGÍAS



**Proyecto / Trabajo Fin de Carrera**  
**ESTUDIO DE LA ENERGÍA MAREOMOTRIZ EN LA**  
**BOCANA DE LA RIA DE SAN VICENTE DE LA**  
**BARQUERA.**

**“Study of tidal power in the bocana of San Vicente  
de la Barquera”**

Para acceder al Título de:

**Grado en Ingeniería de los Recursos  
Energéticos**

**Autor: Adán Rábago San Martín**

**Director: Ramón Lecuna Tolosa**

**Convocatoria: 10 de Julio de 2020**

## INDICE

1. OBJETIVO DEL ESTUDIO.....	3
2. ALCANCE DEL ESTUDIO .....	4
3. ENERGÍA MAREOMOTRIZ COMO PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA .....	5
4. NORMATIVA .....	6
5. EMPLAZAMIENTO TEÓRICO DEL PROYECTO .....	8
6. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN .....	9
6.1. CARACTERIZACIÓN HIDRAULICA DE LAS TURBINAS.....	21
7. CONSTRUCCIÓN DE LA INSTALACIÓN .....	28
8. ESTUDIO DEL RECURSO .....	34
9. ESTUDIO DE VIABILIDAD Y PRESUPUESTOS .....	70
10. ACOPLAMIENTO .....	83
11. CONCLUSIONES .....	100
12. BIBLIOGRAFIA .....	101
13. PLANOS.....	103

## **1. OBJETIVO DEL ESTUDIO**

El objetivo de este estudio es observar y analizar como sería el aprovechamiento de la energía del mar para satisfacer el consumo y las necesidades del Ayuntamiento de San Vicente de la Barquera, así como, de la zona portuaria. Se busca instalar una central mareomotriz justo en la bocana de la ría de San Vicente de la Barquera, y aprovechar toda la cantidad de agua que entra y sale, provocado por las bajamares y pleamares que hay en un ciclo diario.

## **2. ALCANCE DEL ESTUDIO**

El alcance el estudio tiene que ver con la investigación de como seria de factible la instalación de una o varias turbinas bulbo en la entrada de la marea justo en el extremo del puerto de San Vicente de la Barquera.

Será un estudio de manera aproximado, dando más hincapié a la producción de esa o esas turbinas, dependiendo de la cantidad de agua que entra a la ría y sale a mar abierto. También se estudiará el impacto a la hora de la construcción de todo el conjunto y una visión aproximada de los elementos eléctricos.

Además al ser una zona transitada por embarcaciones para el mercado pesquero habrá que tener en cuenta la construcción y las restricciones que podrá darnos la instalación de dicha central.



### **3. ENERGÍA MAREOMOTRIZ COMO PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA**

Desde el punto de vista de la utilización de esta energía a nivel nacional, como a nivel internacional, ha tenido un crecimiento exponencial más en concreto en la zona atlántica de Europa.

La producción de energía, ya sea con las mareas, las corrientes o la energía que produce el movimiento de las olas o hasta estudios más desarrollados como la utilización del gradiente térmico, ha tenido un auge en los últimos años. Este tipo de energía empieza a tomar fuerza a la hora de la producción y en el trabajo conjunto de todo el globo terrestre para luchar contra el cambio climático.

Indagando un poco en el marco de actuación de la Unión Europea tiene como meta, durante el periodo 2021-2030, los siguientes objetivos clave:

- Al menos un 40% de reducción en todas las emisiones de los gases de efecto invernadero, teniendo en cuenta datos referidos al año 1990
- Al menos 32% de cuota de energías renovables en la demanda
- Y un 32.5% de mejora en la eficiencia energética

Estos objetivos fueron adoptados por el Consejo Europeo en octubre de 2014, teniendo una revisión el pasado 2018 comprobando un alza de dichos objetivos

El estudio de mi alternativa de producción estaría situado en el suelo marino justo en la entrada de la corriente marítima, donde tendría un impacto social. En otros casos donde se instala a mar abierto donde el impacto sobre el humano y sobre la fauna que pueda haber por la zona es prácticamente nulo, y el recurso del mar es más abundante y constante. Con lo cual el desarrollo de esta energía garantizará una producción futura respetando, de forma notable, el medio ambiente. [2]

#### 4. NORMATIVA

Teniendo en cuenta que se trata de un proyecto que se va instalar en una zona donde no es usual verlo, tiene una serie de normativas que tocan al proyecto y al circuito eléctrico que compone al mismo.

Respecto al proyecto nos fijamos en las normas UNE, más concreto en la norma UNE 157001:2002 donde engloba los criterios generales para la elaboración y realización de proyectos.

Desde el punto de vista del circuito eléctrico y de todo el entramado eléctrico, hay que tener en cuenta más factores normativos, siendo estos los siguientes:

- Real Decreto 842/2002, aprueba el Reglamento electrotécnico para Baja tensión.
- Real Decreto 223/2008, aprobándose las condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión.
- Real Decreto 3275/1982, refiriéndose a las condiciones técnicas y garantías en centrales eléctricas y centros de transformación de dicha energía.

También hay que tener en cuenta algunas condiciones técnicas que imponen algunas empresas como Iberdrola o Eón, y también los criterios generales de la Red eléctrica española, como viene a ser condiciones técnicas de instalación, normativas de productores o criterios generales de protección de los sistemas eléctricos.

Un aspecto muy importante en nuestra construcción es la perturbación o alteración del parque natural de Oyambre que está cerca de nuestra localización, y que para el desarrollo de nuevos proyectos en la zona, está poniendo objeciones a la hora de la realización de los mismos.

Otro factor a tener en cuenta, es la localización en la cual nuestra estructura estará situada. Se trata de una entrada y salida de la corriente marina con el proceso de pleamar y bajamar a la ría de San Vicente de la Barquera, y también es la salida y entrada de embarcaciones al puerto deportivo de San Vicente de la Barquera, con lo cual, hay que tener en cuenta muchos más factores relacionados con costas, el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Puertos, que marcarán las pautas a la hora del paso de las embarcaciones a través de nuestra instalación. [10]

Un factor importante desde el punto de vista de la normativa, es el apartado impuesto en el Real Decreto 661/2007, que regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. Ahí viene explicado las tarifas y primas correspondientes a instalaciones, sean geotérmica, de las olas, de las mareas, de las rocas calientes y secas, oceanográfica, y de las corrientes marinas.

Este artículo hace referencia a una tabla de artículos superiores, donde estipula las tarifas a aplicar en la producción de cada tipo de energía durante los primeros quince años desde su puesta en servicio. [7]

Grupo	Subgrupo	Potencia	Plazo	Tarifa regulada €/kWh	Prima de referencia €/kWh	Límite Superior €/kWh	Límite Inferior €/kWh
b.1	b.1.1	P ≤ 100 kW 100 kW < P ≤ 10 MW 10 < P ≤ 50 MW	primeros 30 años	44,0381			
			primeros 30 años	41,7500			
			primeros 30 años	22,9764			
			primeros 25 años	26,9375	0		
	b.1.2		a partir de entonces	21,5498	0		
b.2	b.2.1		primeros 20 años	7,3228	0		
			a partir de entonces	6,1200	0		
b.3			primeros 20 años	6,8900	0		
			a partir de entonces	6,5100	0		
b.4			primeros 25 años	7,8000	0		
			a partir de entonces	7,0200	0		

Ilustración 4. TARIFAS POR PRODUCCION (b.3 mareas)

## 5. EMPLAZAMIENTO TEÓRICO DEL PROYECTO

El principal objetivo es la situación del proyecto en la zona de entrada de corriente de la zona portuaria de San Vicente de la Barquera, que viene delimitada por dos diques que direccionan la entrada del agua.

San Vicente de la Barquera es capital de municipio y localidad de Cantabria. Está localizada en la comarca de la Costa Occidental, donde está limitada al norte por el mar Cantábrico y rodeada por los municipios de Valdáliga, Herrerías y Val del San Vicente. La mayor parte se encuentra dentro de los límites del parque natural de Oyambre. San Vicente de la Barquera consta de una superficie de  $41.5 \text{ km}^2$  teniendo una población de 4124 habitantes (actualizado en el año 2019) repartidos en 9 localidades.

Las coordenadas de la situación del emplazamiento son las siguientes:  $43^{\circ}23'34.1''\text{N}$   $4^{\circ}23'13.8''\text{W}$ . [1]



**Ilustración 5. VISTA AEREA DE LA ENTRADA DEL AGUA**

## 6. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

La principal idea de esta central es aprovechar la energía que se puede sacar con toda el agua que entra y sale con cada periodo de bajada y subida de las mareas. En principio el emplazamiento es en la zona con más profundidad de toda la bocana de la ría, y su situación real es la siguiente:

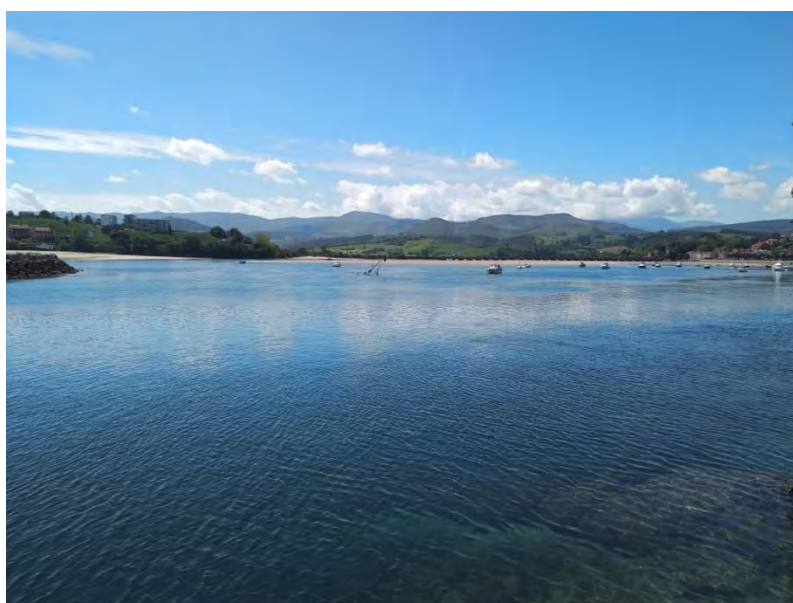


**Ilustración 6.1. SITUACIÓN INSTLACIÓN**





**Ilustración 6.2. SITUACIÓN INSTALACIÓN**



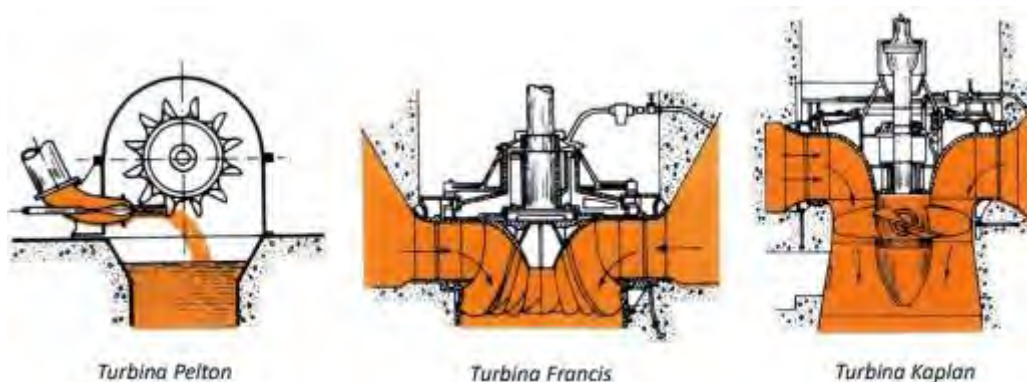
**Ilustración 6.3. SITUACIÓN INSTALACIÓN**

Como se puede observar en las imágenes y como es lógico, esta zona de la bocana es una zona transitada por embarcaciones que salen mar a dentro para el trabajo pesquero o el estudio marino y náutico, así como, las escuelas de remo de este municipio. Esto no supondría un problema para la construcción de nuestra instalación ni para la explotación del recurso porque se habilitará una zona en la construcción, para el paso de embarcaciones ya sea para entrar al puerto, como para salir a mar abierto.

La principal idea es construir una especie de presa para canalizar el agua, ya sea en el periodo de subida de marea, como en el periodo de bajada. El sistema es sencillo, constará de dos aperturas donde estarán situadas nuestra turbinas, de tipo Bulbo, y que se abrirán o cerrarán dichas aperturas en función del momento del cambio de marea que estemos. Con lo cual, la principal idea de esta instalación, es canalizar agua para dejarla pasar a través de la turbina y producir energía conforme pasa la corriente provocada por el cambio de mareas hacia la ría de San Vicente de la Barquera, o hacia mar abierto.

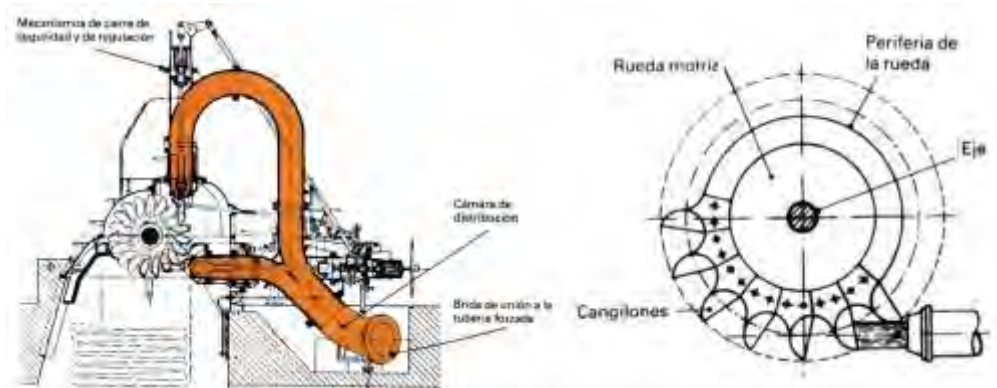
Para la selección de la turbina que vamos a utilizar en nuestro proyecto, hay que tener en cuenta todos los tipos posibles y ver cual se adapta mejor a nuestras condiciones.

En general tenemos cuatro tipos de turbinas que son la tipo Pelton, tipo Francis, tipo Kaplan y tipo Bulbo.



**Ilustración 6.4.TIPOS DE TURBINAS**

La turbina tipo Pelton está constituida por uno o varios equipos de inyección que tienen como misión dirigir el chorro de agua sobre el rodete, el cual transforma la energía hidráulica en energía mecánica, constituido por una rueda motriz y por álabes.



**Ilustración 6.5. Distribuidor y Rodete**

El rango de actuación de es para saltos grandes y caudales relativamente bajos ( $<10 \frac{m^3}{s}$ ), tiene un rango de funcionamiento con rendimientos elevados.

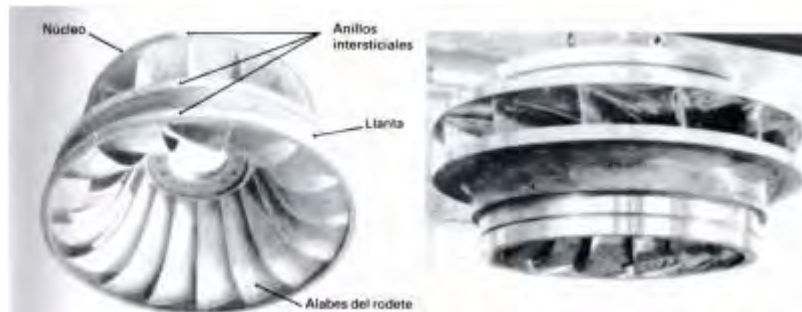
La turbina Francis está formada por una cámara espiral que está constituida por una sucesión de cirolas tronco-cónicas, cuyos ejes respectivos forman una espiral. Su sección va disminuyendo para acabar cerrando sobre la misma turbina.



**Ilustración 6.6. TURBINA PELTON**

El distribuidor está formado por un determinado número de palas móviles dispuestas en un anillo concéntrico al ante distribuidor. Su función es repartir y regular el caudal que fluye hacia el rodete. Este último está formado por un núcleo central alrededor del cual se dispone un número determinado de palas de superficie alabeada (álabes).

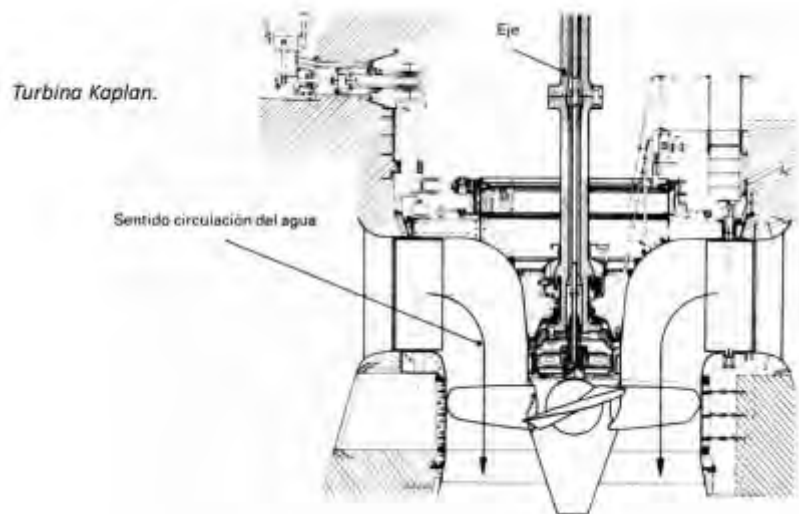




**Ilustración 6.7. DISTRIBUIDOR TURBINA PELTON**

Su rango de aplicación es para saltos medios y amplios caudales ( $2-200 \frac{m^3}{s}$ ), y su rendimiento óptimo comprendido entre 60-90%.

La turbina Kaplan es muy similar a la Francis en cuestión de construcción y funcionamiento.



**Ilustración 6.8. TURBINA KAPLAN**

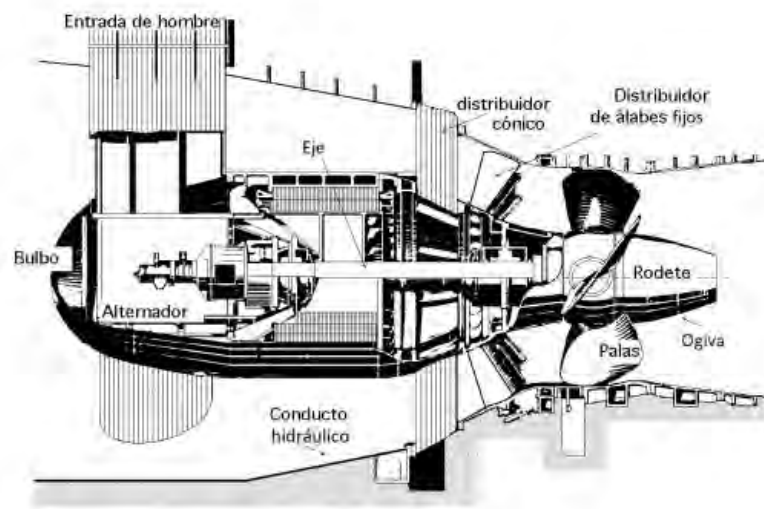
El rodete de una turbina Kaplan se asemeja a la hélice de un barco y está formado por un número determinado de palas fijas o móviles.



**Ilustración 6.9. RODETE TURBINA KAPLAN**

Su rango de aplicación es para saltos pequeños y caudales medios y grandes ( $> 15 \frac{m^3}{s}$ ), su rendimiento óptimo se sitúa para caudales comprendidos entre el 40% y el 100% del nominal.

Por último está la turbina Bulbo, que se trata de una turbina de reacción utilizada para cabezas de agua de 2 m hasta los 20 m. La principal característica de esta turbina es que por aguas arriba tiene una cubierta hermética donde contiene al generador, que está situado en el eje horizontal. Este tipo de turbinas tienen una eficiencia a plena carga y una capacidad de flujo más alta comparada con la turbina Kaplan.



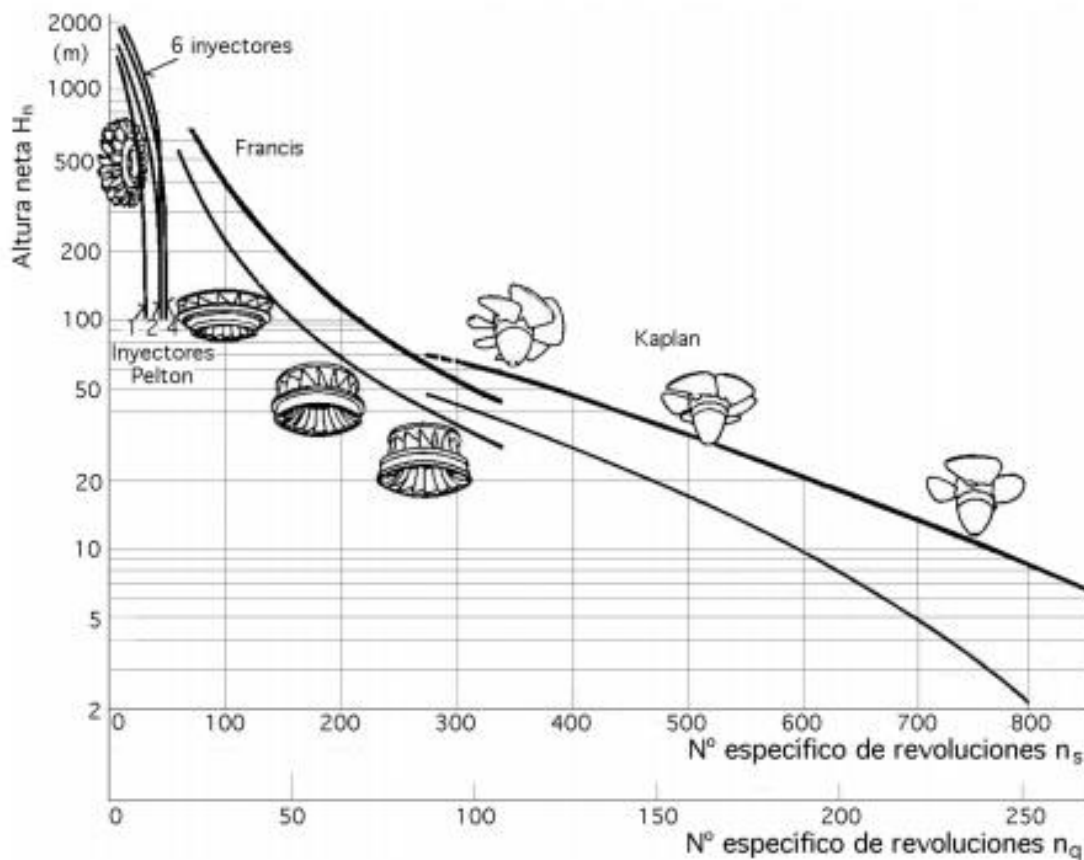
**Ilustración 6.10. TURBINA BULBO**

Este tipo de turbina es la mejor opción a la hora de explotar la energía producida por las mareas y la energía hidráulica con salto bajos y descargas grandes. Otra ventaja es que es necesaria una menor excavación en trabajos civiles, con lo cual la instalación de dicha turbina no sería difícil.

El agua pasa primero por los canales de unas aletas guía fijas, que sirven de soporte estructural, a continuación pasa por el distribuidor de aletas guía pivoteadas para la regulación, y finalmente atraviesa un rodete tipo Kaplan. El conjunto está completamente sumergido. Para acceder al interior en caso de mantenimiento, se pasa por un pozo con diseño exterior aerodinámico para obstaculizar lo menos posible el paso del agua.

Una vez desarrollado cada una de las turbinas posibles para la producción de nuestra central, las vamos a comparar en dos gráficas.

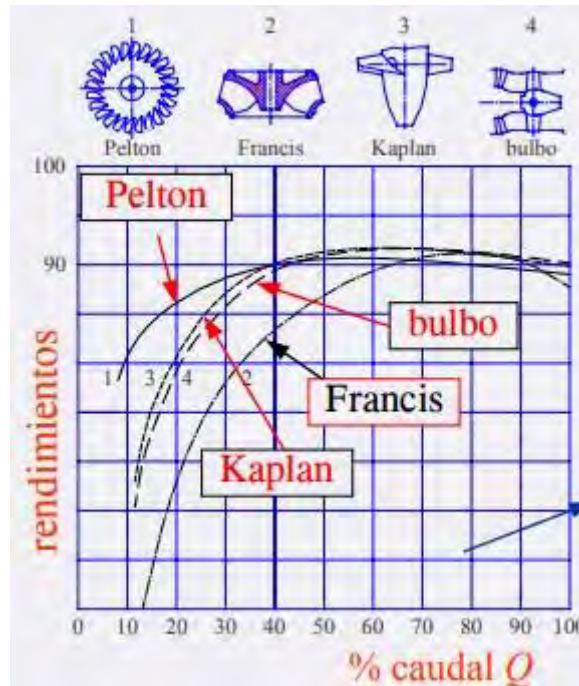
La primera es la gráfica Altura-Nº Especifico de revoluciones:



**Ilustración 6.11. GRAFICO ALTURA-Revoluciones**

Podemos ver que cuanto mayor es el salto el número específico de revoluciones va disminuyendo considerablemente. En nuestro caso el salto que vamos a tener va a ser relativamente bajo con lo cual quedaría más o menos a la altura de la Kaplan pero a una altura de menos de 10 metros, con lo cual, las revoluciones que nos darán serán altas.

Desde otro punto de vista tenemos en cuenta los rendimientos y el porcentaje de caudal de cada turbina en nuestro emplazamiento con la siguiente gráfica:



**Ilustración 6.12.RELACION RENDIMIENTO-CAUDAL**

Analizando la curva de Rendimientos-%Caudal, tenemos los siguientes rendimientos:

- Pelton: 67%-75%
- Francis: 85%-90%
- Kaplan: 67%-75%
- Bulbo: 65%-75%

Teniendo en cuenta los aspectos generales y los caudales que calculamos anteriormente, relacionamos la diferencia de cota con el rendimiento que vamos a tener en nuestra turbina, que en nuestro caso será del 65 % basándonos en el grado de carga y en la relación del caudal y del caudal de equipamiento que habrá en nuestra ubicación. [14]

Otra manera de analizar el uso de la turbina bulbo, es la relación que hay entre el rendimiento, el caudal y la altura del salto de agua. Para ello nos apoyamos en esta gráfica:

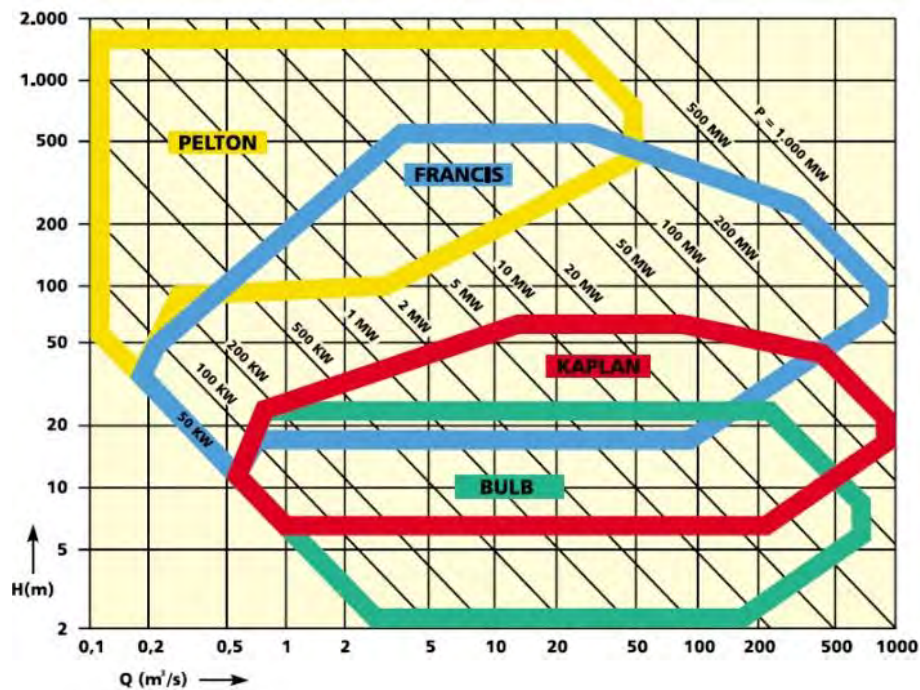


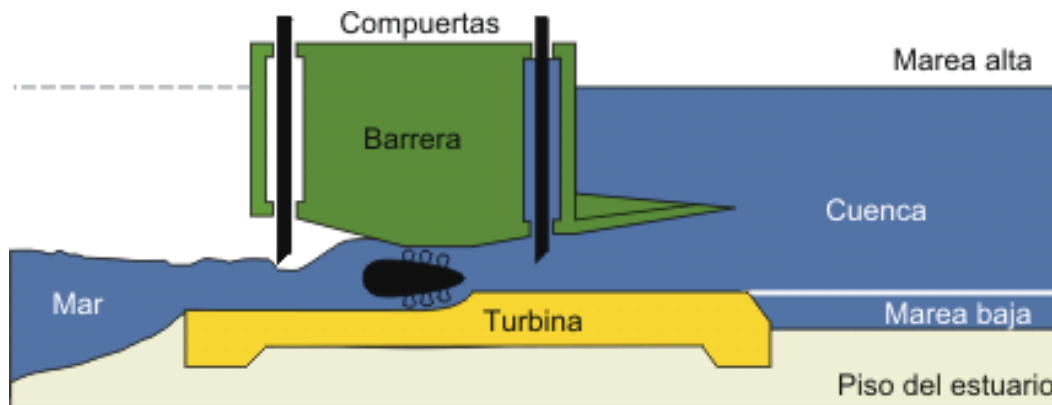
Ilustración 6.13. GRAFICA ALTURA SALTO-CAUDAL

Ya que tenemos elegido el tipo de turbina, se lleva a cabo la elección de la turbina Bulbo que vamos a poner en nuestro emplazamiento.

Para la elección de la turbina que vamos a poner en el emplazamiento, nos fijamos en la producción máxima en los procesos de bajar y pleamar, siendo estos 2500 kW y 1700 kW respectivamente, trabajando a 660 V.

Al ser un modelo especial de la Kaplan, las alturas que vamos a alcanzar en nuestro emplazamiento son idóneas para la producción con este tipo de turbinas, así como el gran caudal de agua que va a pasar por la instalación.

Un factor importante y que he nombrado en varias ocasiones, es la situación de nuestra instalación. Se encuentra en medio de un paso de un flujo de agua que no para durante las 24 horas del día y la dirección cambia en función del proceso de movimiento de marea que se encuentre, con lo cual, dentro del diseño hay que tenerlo en cuenta. Para ello, se instalarán dos compuertas, una en la entrada a la turbina, y otra a la salida de la turbina. Esto se realizará para las dos turbinas.



**Ilustración 6.14. COMPUERTAS TURBINAS**



Estas compuertas, proporcionarán un aislamiento de las dos turbinas, en el caso de que la marea entre por la parte trasera de la turbina y provocara así daños en la instalación o en los circuitos internos del transporte de eléctrico.

El mantenimiento de dichas turbinas también se realizará con las compuertas de aislamiento cerradas, para garantizar la seguridad del trabajador. La entrada a las turbinas para los operarios estará situada en la parte superior de la presa, adaptadas para los trabajadores con las medidas de seguridad correspondientes. [14]

Estas turbinas tendrán un periodo de turbinaje de 5 horas, con un total de 10 horas diarias. Esto se debe a que los procesos de bajar y pleamar (que duran 8 horas cada uno de ellos) son procesos que van de forma gradual y no están las 6 horas metiendo la misma cantidad de agua.[19]

También tenemos en cuenta el coeficiente de mareas que está explicado en apartados siguientes.



## 6.1. CARACTERIZACIÓN HIDRAULICA DE LAS TURBINAS

Dentro de nuestro estudio de las turbinas, tenemos en cuenta todos los factores para dimensionar las turbinas que van a formar nuestra instalación.

El parámetro más común que se suele utilizar para el desarrollo del cálculo de una turbina es el número específico de revoluciones que se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$N_s = \frac{n}{H} * \sqrt{\frac{P}{\sqrt{H}}}$$

Dónde:

$N_s$ : Número específico de revoluciones (adimensional)

$$N_s = 1520.256 * H^{-0.2837}$$

N: revoluciones de la turbina (rpm)

P: potencia de la turbina (kW)

H: Altura de salto (m)

Q: Caudal ( $\frac{m^3}{seg}$ )

$\eta$ : rendimiento (adimensional)

A continuación se exponen el resto de parámetros que hay que tener en cuenta en los cálculos:

$$N_r = 1.8 * n$$

$N_r$ : Velocidad de embalamiento (rpm)

$$N = \frac{N_r}{2.8}$$

N: revoluciones por minuto (rpm)

Ahora realizamos el cálculo de un número específico de revoluciones donde no intervienen la potencia de la turbina, lo que implica que no afectará al rendimiento de la misma.

$$N_{sq} = n * Q^{0.5} * H^{-0.75}$$

$N_{sq}$ : Número específico de revoluciones referido al caudal (rpm)

Cálculo del diámetro exterior del rodete aproximado mediante:

$$D_e = 0.1826 \left( \frac{P}{H} \right)^{0.4462}$$

$D_e$ : Diámetro exterior del rodete (m)

$$k_u = 3.478 * 10^{-3} * N_{sq} + 1.148$$

$k_u$ : Coeficiente de velocidad periférica

Este coeficiente al pasarlo por el diámetro exterior del rodete, la diferencia entre resultados es muy pequeña, con lo cual nos quedamos con el diámetro principalmente calculado.

$$\frac{D_i}{D_e} = 0.443 - 2.2 * 10^{-4} * N_{sq}$$

$D_i$ : Diámetro interior del rodete (m)

$$\frac{R_{di}}{D_e} = 0.335 + 1.52 * 10^{-4} * N_{sq}$$

$R_{di}$ : Radio interior del distribuidor (m)

$$\frac{R_{de}}{D_e} = 0.837 - 3.86 * 10^{-4} * N_{sq}$$

$R_{de}$ : Radio exterior del distribuidor (m)

$$B = 1.174 * D_e^{0.9546}$$

B: Diámetro del bulbo (m)

$$A_0 = 2.8686 * D_e^{2.0047}$$

$A_0$ : Área de salida

$$L_{bulb} = 2 * D_e$$

$L_{bulb}$ : Longitud de la turbina bulbo (m)

El cálculo a la hora de dimensionar una turbina es en función del salto y del caudal. El cálculo del dimensionamiento de los otros tipos de turbinas viene estipulado en manuales del sector, pero de una turbina bulbo no hay proceso de pre dimensionamiento.

Después de los cálculos anteriores tenemos las dimensiones de la turbina, así como, la velocidad de embalamiento. Se tiene en cuenta la elección de una turbina con un  $N_s$  mayor que limitará ligeramente la regulación del caudal mínimo para evitar la cavitación. (Predimensionamiento de turbinas bulbo, 2016)

A continuación se exponen las tablas con todos los datos obtenidos en función de los valores de la Altura (m) y de la Potencia (kW) obtenido en el apartado “ESTUDIO DEL RECURSO”:

Ns	n (rpm)	Nr (rpm)	N (rpm)	Nsq	De (m)	Di (m)	Rdi (m)	Rde (m)	B(m)	A0 (m^2)
1.461,16	43,87	78,96	28,20	483,35	4,73	2,06	1,93	3,07	7,68	64,51
1.479,70	42,89	77,21	27,57	484,07	4,69	2,05	1,91	3,05	7,62	63,44
1.499,36	41,95	75,51	26,97	484,83	4,64	2,03	1,90	3,01	7,55	62,19
1.566,38	39,26	70,66	25,24	487,36	4,46	1,95	1,82	2,89	7,27	57,47
1.649,54	36,69	66,03	23,58	490,36	4,22	1,85	1,73	2,73	6,89	51,36
1.717,88	34,98	62,97	22,49	492,73	4,02	1,76	1,65	2,60	6,58	46,56
1.757,34	34,12	61,41	21,93	494,06	3,90	1,71	1,60	2,52	6,40	43,94
1.850,63	32,33	58,20	20,79	497,11	3,64	1,60	1,50	2,35	5,99	38,29
1.971,57	30,42	54,75	19,56	500,86	3,34	1,46	1,37	2,15	5,51	32,09
2.047,69	29,38	52,88	18,89	503,12	3,16	1,39	1,30	2,03	5,23	28,78
2.139,23	28,26	50,87	18,17	505,74	2,96	1,30	1,22	1,90	4,92	25,32
2.252,79	27,02	48,64	17,37	508,85	2,74	1,21	1,13	1,76	4,57	21,71
2.400,02	25,62	46,12	16,47	512,69	2,50	1,10	1,03	1,59	4,18	17,94
2.604,11	23,97	43,14	15,41	517,69	2,20	0,97	0,91	1,40	3,71	13,99
2.921,57	21,86	39,35	14,05	524,81	1,85	0,81	0,77	1,17	3,13	9,81
3.556,47	18,74	33,73	12,05	537,22	1,36	0,60	0,57	0,86	2,34	5,31
Cota cero	Cota cero	Cota cero	Cota cero	Cota cero	Cota cero	Cota cero	Cota cero	Cota cero	Cota cero	Cota cero

**Tabla 6.1.1. CARACTERIZACION DE TURBINAS**

Cota cero	Cota cero	Cota cero	Cota cero	Cota cero	Cota cero	Cota cero	Cota cero	Cota cero	Cota cero	Cota cero
3.556,47	18,60	33,48	11,96	537,22	1,37	0,60	0,57	0,86	2,36	5,39
2.921,57	21,54	38,77	13,85	524,81	1,87	0,82	0,78	1,19	3,17	10,07
2.252,79	26,05	46,88	16,74	508,85	2,84	1,25	1,17	1,82	4,72	23,19
2.139,23	27,03	48,66	17,38	505,74	3,08	1,35	1,27	1,98	5,11	27,41
1.971,57	28,66	51,59	18,42	500,86	3,52	1,54	1,45	2,26	5,80	35,70
1.850,63	29,99	53,99	19,28	497,11	3,90	1,71	1,60	2,51	6,39	43,80
1.801,26	30,59	55,05	19,66	495,51	4,07	1,78	1,67	2,63	6,66	47,79
1.717,88	31,67	57,00	20,36	492,73	4,39	1,92	1,80	2,84	7,16	55,63
1.649,54	32,65	58,76	20,99	490,36	4,68	2,05	1,92	3,03	7,61	63,29
1.619,61	33,11	59,59	21,28	489,29	4,82	2,11	1,97	3,12	7,83	67,04
1.591,99	33,56	60,40	21,57	488,29	4,95	2,17	2,02	3,21	8,03	70,73
1.566,38	33,99	61,19	21,85	487,36	5,07	2,22	2,07	3,29	8,22	74,36
1.542,54	34,42	61,96	22,13	486,47	5,19	2,27	2,12	3,37	8,41	77,94
1.520,26	34,84	62,71	22,40	485,63	5,31	2,33	2,17	3,45	8,59	81,45
1.479,70	35,66	64,19	22,93	484,07	5,52	2,42	2,26	3,59	8,92	88,26
1.461,16	36,07	64,93	23,19	483,35	5,63	2,46	2,30	3,66	9,08	91,56
Ns	n (rpm)	Nr (rpm)	N (rpm)	Nsq	De (m)	Di (m)	Rdi (m)	Rde (m)	B(m)	A0 (m^2)

**Tabla 6.1.2. CARACTERIZACIÓN DE TURBINAS**

Teniendo en cuenta los datos obtenidos, obtenemos dos turbinas Bulbo con las siguientes características (marcado en color rojo en las gráficas):

#### **TURBINA BULBO 2500 kW**

Revoluciones (rpm)	36,07
Velocidad de embalamiento (rpm)	64,93
Diámetro exterior (m)	5,63
Diámetro interior (m)	2,46
Radio interior distribuidor (m)	2,30
Radio exterior distribuidor (m)	3,66
Diámetro bulbo (m)	9,08
Área de salida (m <sup>2</sup> )	91,56
Longitud Turbina (m)	11,25

#### **TURBINA BULBO 1700 kW**

Revoluciones (rpm)	43,87
Velocidad de embalamiento (rpm)	78,96
Diámetro exterior (m)	4,73
Diámetro interior (m)	2,06
Radio interior distribuidor (m)	1,93
Radio exterior distribuidor (m)	3,07
Diámetro bulbo (m)	7,68
Área de salida (m <sup>2</sup> )	64,51
Longitud Turbina (m)	9,45

Después de definir las características de la turbina, nos centramos en el generador.

Se trata de un alternador trifásico con imán permanente modelo 4000 PH de la empresa ENERSET. Cada turbina constará de uno de estos generadores que van a ir incorporados en la propia estructura de la turbina. Tendrán una potencia de 3000 kVA (4.438.48 hp), una tensión de 660 V y una velocidad de rotación de 180 rpm.

En este tipo de turbinas, como he dicho anteriormente, el generador viene incorporado en el conjunto, y como constaremos de dos turbinas de distinta potencia, habrá instalado en cada una un generador similar al expuesto.

Según los cálculos anteriores, se puede observar que el número de revoluciones por minuto en cada una de las turbinas es menor al del alternador, con lo cual, deberá haber instalado en cada una de ellas una multiplicadora para igualar las revoluciones a las que gira la turbina con las que gira el alternador. Otro factor importante con la instalación de dicho multiplicador, es que el diámetro del alternador disminuya como su número de polos. [3]

Teniendo esto en cuenta realizamos el cálculo de la relación de multiplicación de las dos multiplicadoras que irán instaladas en cada una de las turbinas. [16]

Para ello utilizamos la siguiente expresión:

$$i = \frac{W_s}{W_e}$$

Dónde:

- $W_s$ : Velocidad de salida (rpm)

- $W_e$ : Velocidad de entrada (rpm)

#### **TURBINA BULBO 2500 kW**

$$i = \frac{W_s}{W_e} = \frac{180 \text{ rpm}}{36.07 \text{ rpm}} = 4.99 \sim 5$$

#### **TURBINA BULBO 1700 kW**

$$i = \frac{W_s}{W_e} = \frac{180 \text{ rpm}}{43.87 \text{ rpm}} = 4.10 \sim 4$$

## 7. CONSTRUCCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Un punto importante dentro de este estudio, es tener en cuenta la construcción de la infraestructura que va a hacer posible la producción de energía.

Este estudio consta de una presa que va a retener el agua durante los periodos de pleamar y bajamar y dejará pasar el agua por las turbinas instaladas en dicha presa cuando el nivel de agua sea el adecuado para producir energía. La situación de la presa en San Vicente de la Barquera es la siguiente:



**Ilustración 7.1.SITUACIÓN PRESA**





**Ilustración 7.2. SITUACION PRESA**

Dentro de todos los tipos de presa que hay disponibles para la estancación de agua dulce de un curso fluvial y en zonas marinas o costeras, la más utilizada es la presa de gravedad que se caracterizan por ser cerradas anchas y con poco pendiente.

Una vez elegido el tipo de presa que vamos a utilizar en nuestra instalación, se lleva a cabo la elección del material que formará dicha presa. En mi caso se utiliza un hormigón compactado con rodillo, siendo este de consistencia seca y que permite ser

colocado y compactado con maquinaria utilizada en movimiento de tierras. La característica más favorable que tiene este material es que la construcción de la presa es más rápida y económica, siendo una gran ventaja para nosotros debido a la localización de la estructura.

Respecto a la construcción, hay que tener en cuenta que se trata de una zona donde está entrando y saliendo agua constantemente y hay que adecuar el terreno para que ese proceso natural transcurra de forma normal.

Para ello se llevará a cabo un túnel de desvío para mantener la zona de construcción seca y para que siga entrando y saliendo el mismo volumen de agua. Después de la instalación del túnel se tendrá que construir dos ataguías, siendo estas dos pequeñas presas que evitarán el paso del agua a la zona de construcción y forzará que el flujo de agua pase por el túnel de desvío. La construcción de las ataguías se realizará sin ningún aislamiento previo con lo cual se construirán cuando el nivel de agua sea de -2.3 metros de altura o en procesos donde la bajamar tenga un coeficiente de marea lo suficientemente bajo como para la instalación correcta.



**Ilustración 7.3. ESQUEMA ATAGUÍAS**

Una vez que el terreno está seco se realiza una limpieza y escarificación para someter al terreno los procedimientos necesarios para garantizar su resistencia e impermeabilidad. Después de estos procesos de seguridad se lleva a cabo la construcción de la presa.

Las presas se construyen mediante capas de materiales sueltos de diferente espesor, que serán compactadas, asegurando siempre su impermeabilidad. Hay que tener en cuenta que el hormigón en obra no tiene que transcurrir más del 80% del tiempo de iniciación del fraguado para evitar la disgregación de componentes y asegurar una correcta consolidación en obra. Durante el fraguado del hormigón se mantendrá su humedad y se evitará que soporte sobrecargas y se mantendrá húmedas las superficies externas durante 10 días.

Las superficies de cimentación de cada bloque serán horizontales y de forma escalonada en sentido perpendicular al cauce para adaptarse a la geografía que engloba la situación de la bocana de la ría.

El diseño de la presa es uno de los factores más importantes para que la estructura y la producción sean correctas, y así evitar problemas relacionados con fallos estructurales. Hay que tener en cuenta los momentos cuando la corriente venga del río o cuando venga del mar.

La presa será de 8 metros en la parte superior y las turbinas estarán situadas en la propia estructura situadas a favor de la dirección de la marea, ya sea en el proceso de bajamar, o en el proceso de pleamar.

El factor más importante dentro de la construcción de esta instalación, es que el lugar de emplazamiento de la estructura, es la única zona de llegar a mar abierto desde el puerto de San Vicente de la Barquera, lo que conlleva tener en cuenta las embarcaciones y el momento del año para la construcción de la presa.

En primer lugar, la construcción de la presa se realizará en temporada baja y donde el tránsito de embarcaciones sea el mínimo para evitar obstaculizar la salida a mar abierto.

En segundo lugar, una vez ya construida la presa, constará de una apertura hidráulica en la zona izquierda de la bocana, parte más cercana a Puerto, con una anchura de 30 metros, teniendo en cuenta las dimensiones de la mayor embarcación que hay en el puerto de San Vicente, y para el paso correcto de una o varias embarcaciones sin peligro de colisión o contacto. Estará adaptada para el paso de embarcaciones en periodos medios entre pleamar y bajamar, donde la corriente del río y de la marea alcanza el mismo nivel.

La situación es la siguiente:



**Ilustración 7.4. GRÁFICO APERTURA PARA BARCOS**



Como ya he explicado antes, constará con la apertura hidráulica de 30 metros para el paso de embarcaciones, que será controlado desde el centro de mando situado en el puerto de San Vicente de la Barquera.

En la parte superior tendrá un carril en el cual podrá circular un vehículo para temas relacionados con el mantenimiento de la presa. También constará con un rebosero en el caso de que haya riadas o las mareas sean muy altas para evacuar el exceso de agua.



**Ilustración 7.5. EJEMPLO REBOSERO**

En los planos está expuesto el perfil de la presa donde viene la entrada donde irá situada la turbina. Habría otro perfil similar espejo a este para el periodo de bajada de marea y donde habría situada otra turbina similar. [5]

## 8. ESTUDIO DEL RECURSO

El estudio del recurso energético está enfocado principalmente en el movimiento de las mareas, donde se quiere aprovechar ese movimiento para el accionamiento de una turbina situada en una masa de hormigón que cortará transversalmente la entrada de la ría de San Vicente de la Barquera donde más caudal de agua pasa.

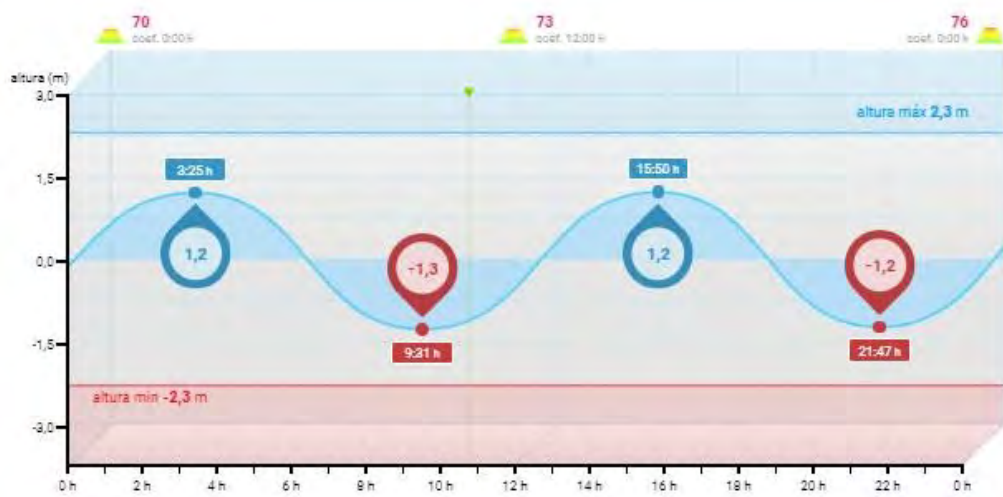
Para realizar este estudio y obtener valores precisos y poder justificar nuestro emplazamiento, lo primero y más importante es conocer el recurso con el que vamos a producir energía, y este es, el movimiento de las mareas. Para el estudio de dicho recurso hay que tener en cuenta muchos factores que voy a ir explicando a continuación.

En principio, todos los días del año consta de dos pleamares y dos bajamares intercaladas entre ellas y separadas en un periodo de 6 horas cada una, quedando 12 horas de separación entre cada pleamar diaria. Un factor importante dentro de las pleamares y bajamares es el coeficiente de marea, que nos marcará la altura de las mareas y la cantidad de agua que mueve en el periodo de tiempo de cambio. Tenemos un coeficiente de marea máximo de 120, y después el valor puede ir disminuyendo hasta valores donde ese coeficiente es prácticamente nulo.

Otro factor importante dentro del estudio de la marea es la altura máxima y mínima que se alcanza una vez acabado el periodo de bajar o pleamar, en mi caso, realicé el estudio de las mareas para el año 2019 ya que disponía de todos los datos anteriormente explicados.

Para tener un estudio correcto hay que tomar todos los días del año separados en los meses correspondientes. Una vez hecho esto, se cogen todas las alturas máximas y mínimas, y el coeficiente de marea medio que hay cada día, así consiguiendo valores anuales de los factores que vamos a tener en cuenta para el cálculo de energía que vamos a realizar.

Para obtener esta información se puede ir a cualquier base de datos de mareas y te viene definida la altura máxima y mínima de ese mismo día, junto con el coeficiente de marea medio del mismo.



**Ilustración 8.1. TABLA DE MAREAS**

Después de obtener todos los datos diarios del año 2019, tenemos que tener en cuenta toda la superficie que se ve ocupada por el volumen de agua que entra por la bocana de San Vicente de la Barquera.

En la toma de datos obtenemos las alturas máximas y mínimas, 2.3 metros y -2.3 metros respectivamente. Con estas alturas tenemos que sacar nueve alturas intermedias para luego superficiarlas a dicha altura. Para ello he decidido tomar los siguientes valores:

COTAS (metros)
-2.3
-1.84
-1.38
-0.92
-0.46
0
0.46
0.92

1.38
1.84
2.3

**Tabla 8.1. COTAS MAREAS**

Una vez obtenido las cotas intermedias debemos aproximar la superficie inundable para cada una de las alturas que queremos calcular en primera estancia.

Para superficiar toda el área inundable necesitaba la cartografía correspondiente a San Vicente de la Barquera. Para la obtención del mapa topográfico de la zona, utilicé la página SIGPAC donde viene la cartografía de San Vicente de la Barquera, solo que dividida en pequeños planos. Para la unión de todos esos planos, era necesaria la descarga de forma individual y llevarlo a AutoCAD ajustando la escala y uniéndolos en puntos comunes para obtener la estructura completa.

Una vez obtenido el plano topográfico que engloba toda la superficie inundable, se va superficiando toda el área que ocupará el agua tras los procesos de bajamar y pleamar, partiendo de la cota 0 que viene definida en el plano con color azul y en la capa superficie inundable.

Primero obtenemos la superficie correspondiente a la cota 0 tomando todo el área que se ve inundado a nivel medio. Una vez que lo tenemos calculado, observamos la marea media que ha habido a las cotas expuestas anteriormente.

Para el proceso de pleamar, vamos aumentando la superficie de la cota 0 moviéndola una distancia de 0.5 metros y cogiendo zonas que se verán inundadas por la subida de la marea en torno a toda la ría de San Vicente. En el proceso de bajamar se realiza el mismo proceso pero de forma contraria, disminuyendo la superficie 0.5 metros y teniendo en cuenta esas zonas con ausencia de agua.

Hay que tener en cuenta que hay zonas de la superficie inundable que no se verán muy afectadas por la subida de la marea a niveles de superficie, como pueden ser zonas externas y lejanas a la zona más inundable, o la zona donde se está instalando actualmente el puerto deportivo. Otras zonas como las playas cercanas a la instalación o la zona que está contigua al castillo de San Vicente, se ven considerablemente afectadas con una subida notable del nivel de la ría.

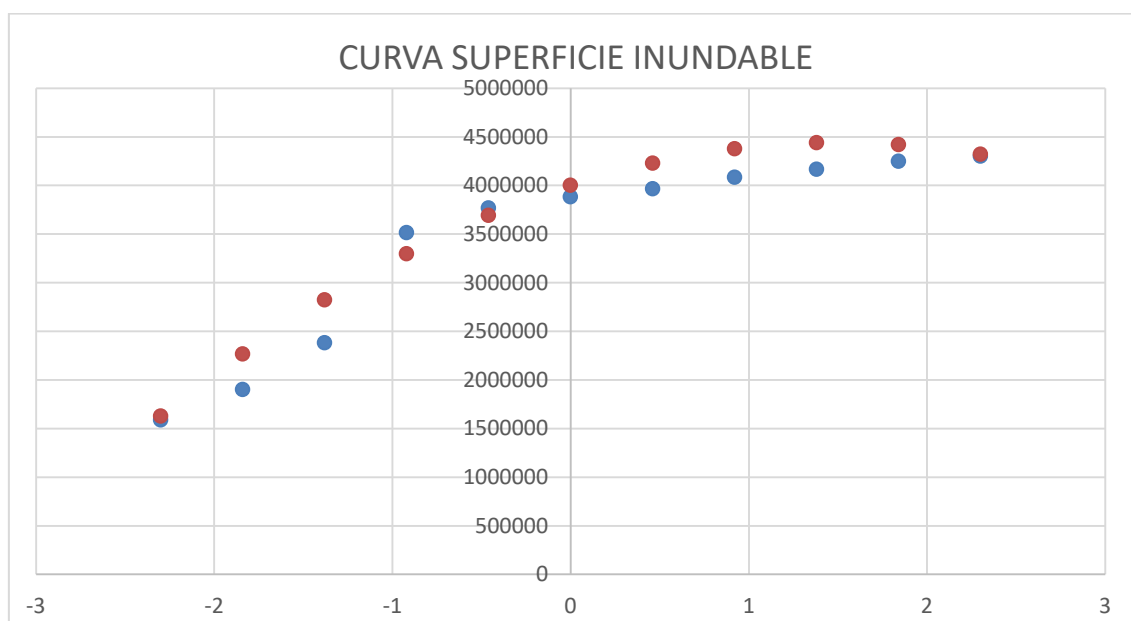


Finalmente, se obtienen las siguientes superficies inundadas en función de las cotas que hemos tomado para el cálculo de las mismas:

Cota (m)	Superficie inundada ( $m^2$ )
-2,3	1.587.593,98
-1,84	1.900.461,19
-1,38	2.379.838,68
-0,92	3.514.021,12
-0,46	3.765.697,92
0	3.880.263,37
0,46	3.962.365,30
0,92	4.083.464,51
1,38	4.164.782,75
1,84	4.246.142,83
2,3	4.299.822,19

**Tabla 8.2. SUPERFICIES INUNDADAS**

Estas superficies que hemos obtenido anteriormente nos sirven para obtener otras interpolando, y así, aproximarlas en función de las cotas deseadas:



**Gráfica 8.1. CURVA SUPERFICIE INUNDABLE**

Interpolación (m <sup>2</sup> )
1.624.612,90
2.264.230,48
2.821.577,98
3.296.655,40
3.689.462,74
4.000.000,00
4.228.267,18
4.374.264,28
4.437.991,30
4.419.448,24
4.318.635,10

**Tabla 8.3. INTERPOLACION SUPERFICIES**

Una vez obtenido todos esos valores de superficie que hemos calculado cubicando calculamos los valores necesarios para la obtención de energía:

- Volumen: Cantidad de agua que entra y sale en función de la altura de la marea.

$$Volumen = \frac{\text{Superficie inundada}}{\text{Cota masa de agua}} (m^3)$$

- Caudal: Volumen entre 12 horas, siendo este el periodo que hay entre bajar y pleamar.

$$Caudal = \frac{Volumen}{12 \text{ horas}} \left( \frac{m^3}{h} \right)$$

- Potencia: Para obtener una potencia eléctrica se tendrá un rendimiento de la turbina del 65% debido a que se trata de una turbina Bulbo, y como el trabajo se estima para 8 horas diarias, se obtiene la potencia eléctrica en kWh.

$$Potencia = \frac{Caudal * Altura marea * 9800}{1000} (kW)$$

$$Potencia\ electrica = Potencia * \eta_{bulbo} * 8\ horas\ diarias\ (kWh)$$

Teniendo en cuenta los factores que tenemos que calcular, tomamos todas las cotas desde -2.3 metros a 2.3 metros de altura de agua. Partimos de la cota -2.3 metros y vamos aumentando dicha cota 0.1 metros hasta llegar a 2.3 metros, consiguiendo tener todas las alturas posibles que pueden darse cualquier día del año.

Para el cálculo de todos los factores anteriormente explicados, he tenido en cuenta que el proceso de bajar y pleamar dura aproximadamente 5 horas, en vez de 8 horas, debido al tránsito en el cambio de movimiento de las corrientes donde es despreciable y no afecta de forma notable a nuestra producción.

También he tomado para los primeros cálculos una altura máxima y mínima de 2.5 metros y -2.5 metros respectivamente. Esto se debe a que puede que en periodos de subida y bajada de las mareas se den mareas vivas y mareas muertas, lo que puede provocar un aumento o una disminución de los niveles fuera de los normales.

	Cotas (m)	Superficie inundada	Volumen (m3/12h)	Caudal (m3/h)	Caudal (m3/s)
BAJAMAR	-2,30	1.624.612,90	6.468.304,84	539.025,40	149,73
	-2,20	1.770.658,60	6.347.724,46	528.977,04	146,94
	-2,10	1.912.816,30	6.208.457,12	517.371,43	143,71
	-2,00	2.051.086,00	6.051.086,00	504.257,17	140,07
	-1,90	2.185.467,70	5.876.194,32	489.682,86	136,02
	-1,80	2.315.961,40	5.684.365,26	473.697,11	131,58
	-1,70	2.442.567,10	5.476.182,04	456.348,50	126,76
	-1,60	2.565.284,80	5.252.227,84	437.685,65	121,58
	-1,50	2.684.114,50	5.013.085,88	417.757,16	116,04
	-1,40	2.799.056,20	4.759.339,34	396.611,61	110,17
	-1,30	2.910.109,90	4.491.571,44	374.297,62	103,97
	-1,20	3.017.275,60	4.210.365,36	350.863,78	97,46
	-1,10	3.120.553,30	3.916.304,32	326.358,69	90,66
	-1,00	3.219.943,00	3.609.971,50	300.830,96	83,56
	-0,90	3.315.444,70	3.291.950,12	274.329,18	76,20
	-0,80	3.407.058,40	2.962.823,36	246.901,95	68,58
	-0,70	3.494.784,10	2.623.174,44	218.597,87	60,72
	-0,60	3.578.621,80	2.273.586,54	189.465,55	52,63
	-0,50	3.658.571,50	1.914.642,88	159.553,57	44,32
	-0,40	3.734.633,20	1.546.926,64	128.910,55	35,81
	-0,30	3.806.806,90	1.171.021,04	97.585,09	27,11
	-0,20	3.875.092,60	787.509,26	65.625,77	18,23
	-0,10	3.939.490,30	396.974,51	33.081,21	9,19
cota cero	0,00	4.000.000,00	0,00	0,00	0,00
PLEAMAR	0,10	4.056.621,70	402.831,09	33.569,26	9,32
	0,20	4.109.355,40	810.935,54	67.577,96	18,77
	0,30	4.158.201,10	1.223.730,17	101.977,51	28,33
	0,40	4.203.158,80	1.640.631,76	136.719,31	37,98
	0,50	4.244.228,50	2.061.057,13	171.754,76	47,71
	0,60	4.281.410,20	2.484.423,06	207.035,26	57,51
	0,70	4.314.703,90	2.910.146,37	242.512,20	67,36
	0,80	4.344.109,60	3.337.643,84	278.136,99	77,26
	0,90	4.369.627,30	3.766.332,29	313.861,02	87,18
	1,00	4.391.257,00	4.195.628,50	349.635,71	97,12
	1,10	4.408.998,70	4.624.949,29	385.412,44	107,06
	1,20	4.422.852,40	5.053.711,44	421.142,62	116,98
	1,30	4.432.818,10	5.481.331,77	456.777,65	126,88
	1,40	4.438.895,80	5.907.227,06	492.268,92	136,74
	1,50	4.441.085,50	6.330.814,13	527.567,84	146,55
	1,60	4.439.387,20	6.751.509,76	562.625,81	156,28
	1,70	4.433.800,90	7.168.730,77	597.394,23	165,94
	1,80	4.424.326,60	7.581.893,94	631.824,50	175,51
	1,90	4.410.964,30	7.990.416,09	665.868,01	184,96
	2,00	4.393.714,00	8.393.714,00	699.476,17	194,30
	2,10	4.372.575,70	8.791.204,49	732.600,37	203,50
	2,20	4.347.549,40	9.182.304,34	765.192,03	212,55
	2,30	4.318.635,10	9.566.430,37	797.202,53	221,45

**Tabla 8.4. RESULTADOS GENERALES**

Alturas (m)	Potencia (kW)	rto (%)	Potencia (kW)e	tiempo(h)	Potencia (kWh)
1,15	1.687,45	65%	1.096,84	8	8.774,73
1,1	1.583,99	65%	1.029,60	8	8.236,76
1,05	1.478,82	65%	961,23	8	7.689,86
1	1.372,70	65%	892,26	8	7.138,04
0,95	1.266,37	65%	823,14	8	6.585,15
0,9	1.160,56	65%	754,36	8	6.034,90
0,85	1.055,94	65%	686,36	8	5.490,89
0,8	953,18	65%	619,57	8	4.956,55
0,75	852,92	65%	554,40	8	4.435,19
0,7	755,77	65%	491,25	8	3.929,98
0,65	662,30	65%	430,49	8	3.443,95
0,6	573,08	65%	372,50	8	2.980,00
0,55	488,63	65%	317,61	8	2.540,88
0,5	409,46	65%	266,15	8	2.129,21
0,45	336,05	65%	218,43	8	1.747,48
0,4	268,85	65%	174,75	8	1.398,01
0,35	208,28	65%	135,38	8	1.083,03
0,3	154,73	65%	100,57	8	804,60
0,25	108,59	65%	70,58	8	564,64
0,2	70,18	65%	45,62	8	364,96
0,15	39,85	65%	25,90	8	207,21
0,1	17,86	65%	11,61	8	92,90
0,05	4,50	65%	2,93	8	23,41
5,4123E-16	0,00	65%	0,00	8	0,00
0,05	4,57	65%	2,97	8	23,76
0,1	18,40	65%	11,96	8	95,66
0,15	41,64	65%	27,07	8	216,53
0,2	74,44	65%	48,38	8	387,07
0,25	116,89	65%	75,98	8	607,82
0,3	169,08	65%	109,90	8	879,21
0,35	231,06	65%	150,19	8	1.201,51
0,4	302,86	65%	196,86	8	1.574,87
0,45	384,48	65%	249,91	8	1.999,29
0,5	475,89	65%	309,33	8	2.474,64
0,55	577,05	65%	375,08	8	3.000,65
0,6	687,87	65%	447,11	8	3.576,90
0,65	808,24	65%	525,36	8	4.202,86
0,7	938,05	65%	609,73	8	4.877,84
0,75	1.077,12	65%	700,13	8	5.601,01
0,8	1.225,27	65%	796,43	8	6.371,42
0,85	1.382,30	65%	898,50	8	7.187,98
0,9	1.547,97	65%	1.006,18	8	8.049,44
0,95	1.722,01	65%	1.119,31	8	8.954,44
1	1.904,13	65%	1.237,68	8	9.901,47
1,05	2.094,02	65%	1.361,11	8	10.888,88
1,1	2.291,33	65%	1.489,36	8	11.914,89
1,15	2.495,69	65%	1.622,20	8	12.977,57

**Tabla 8.5. RESULTADOS GENERALES**

Finalmente, tras obtener todos los datos correspondientes a todas las cotas comprendidas entre -2.3 m y 2.3 m, realizamos el cálculo de Energía producida cada mes del año, en función de las alturas mínimas y máximas que se pueden dar mensualmente, teniendo en cuenta el coeficiente de mareas medio diariamente.

### ENERO

Fecha	Coeficiente	Altura plea	Altura baja	Potencia plea (kW)e	Potencia baja (kW)e	Energía total (kWh)e
01/01/2019	62%	1,2	-1,2	375,08	430,49	4027,88
02/01/2019	67%	1,3	-1,3	447,11	491,25	4691,80
03/01/2019	71%	1,3	-1,4	447,11	554,40	5007,56
04/01/2019	75%	1,4	-1,4	525,36	554,40	5398,78
05/01/2019	77%	1,4	-1,5	525,36	619,57	5724,63
06/01/2019	78%	1,4	-1,5	525,36	619,57	5724,63
07/01/2019	76%	1,4	-1,5	525,36	619,57	5724,63
08/01/2019	73%	1,6	-1,4	700,13	554,40	6272,63
09/01/2019	69%	1,5	-1,5	609,73	619,57	6146,49
10/01/2019	64%	1,5	-1,4	609,73	554,40	5820,64
11/01/2019	58%	1,3	-1,2	447,11	430,49	4388,04
12/01/2019	52%	1,2	-1,1	375,08	372,50	3737,91
13/01/2019	48%	1,1	-1,0	309,33	317,61	3134,70
14/01/2019	46%	0,9	-0,9	196,86	266,15	2315,06
15/01/2019	48%	0,9	-0,8	196,86	218,43	2076,47
16/01/2019	54%	0,9	-1,0	196,86	317,61	2572,35
17/01/2019	64%	1,1	-1,2	309,33	430,49	3699,12
18/01/2019	75%	1,3	-1,4	447,11	554,40	5007,56
19/01/2019	87%	1,5	-1,5	609,73	619,57	6146,49
20/01/2019	96%	1,8	-1,8	898,50	823,14	8608,20
21/01/2019	102%	2,0	-1,9	1119,31	892,26	10057,80
22/01/2019	104%	2,2	-2,1	1361,11	1029,60	11953,53
23/01/2019	100%	2,2	-2,2	1361,11	1096,84	12289,76
24/01/2019	93%	2,2	-2,1	1361,11	1029,60	11953,53
25/01/2019	82%	2,0	-1,9	1119,31	892,26	10057,80
26/01/2019	69%	1,7	-1,6	796,43	686,36	7413,94
27/01/2019	58%	1,5	-1,4	609,73	554,40	5820,64
28/01/2019	49%	1,2	-1,2	375,08	430,49	4027,88
29/01/2019	46%	1,0	-1,0	249,91	317,61	2837,61
30/01/2019	49%	1,0	-1,0	249,91	317,61	2837,61
31/01/2019	55%	1,0	-1,0	249,91	317,61	2837,61

Tabla 8.6. RESULTADOS ENERO



## FEBRERO

Fecha	Coeficiente	Altura plea	Altura baja	Potencia plea (kW)e	Potencia baja (kW)e	Energía total (kWh)e
01/02/2019	62%	1,1	-1,1	309,33	372,50	3409,15
02/02/2019	68%	1,2	-1,3	375,08	491,25	4331,64
03/02/2019	74%	1,4	-1,4	525,36	554,40	5398,78
04/02/2019	78%	1,6	-1,5	700,13	619,57	6598,47
05/02/2019	80%	1,6	-1,5	700,13	619,57	6598,47
06/02/2019	80%	1,7	-1,5	796,43	619,57	7079,98
07/02/2019	79%	1,6	-1,6	700,13	686,36	6932,44
08/02/2019	75%	1,6	-1,5	700,13	619,57	6598,47
09/02/2019	69%	1,5	-1,4	609,73	554,40	5820,64
10/02/2019	63%	1,4	-1,3	525,36	491,25	5083,03
11/02/2019	55%	1,2	-1,2	375,08	430,49	4027,88
12/02/2019	48%	1,0	-1,1	249,91	372,50	3112,06
13/02/2019	45%	0,9	-0,9	196,86	266,15	2315,06
14/02/2019	48%	0,9	-0,9	196,86	266,15	2315,06
15/02/2019	57%	0,9	-1,0	196,86	317,61	2572,35
16/02/2019	71%	1,2	-1,2	375,08	430,49	4027,88
17/02/2019	86%	1,4	-1,6	525,36	686,36	6058,59
18/02/2019	99%	1,8	-1,8	898,50	823,14	8608,20
19/02/2019	108%	2,1	-2,1	1237,68	1029,60	11336,40
20/02/2019	112%	2,3	-2,2	1489,36	1096,84	12931,02
21/02/2019	109%	2,3	-2,1	1489,36	1029,60	12594,78
22/02/2019	100%	2,3	-2,2	1489,36	1096,84	12931,02
23/02/2019	87%	2,1	-2,0	1237,68	961,23	10994,59
24/02/2019	71%	1,8	-1,7	898,50	754,36	8264,30
25/02/2019	56%	1,4	-1,5	525,36	619,57	5724,63
26/02/2019	43%	1,1	-1,2	309,33	430,49	3699,12
27/02/2019	37%	0,8	-0,9	150,19	266,15	2081,70
28/02/2019	39%	0,7	-0,8	109,90	218,43	1641,68

**Tabla 8.7. RESULTADOS FEBRERO**

## MARZO

Fecha	Coeficiente	Altura plea	Altura baja	Potencia plea (kW)e	Potencia baja (kW)e	Energía total (kWh)e
01/03/2019	47%	0,8	-0,8	150,19	218,43	1843,12
02/03/2019	56%	1,0	-1,0	249,91	317,61	2837,61
03/03/2019	65%	1,2	-1,2	375,08	430,49	4027,88
04/03/2019	74%	1,4	-1,3	525,36	491,25	5083,03
05/03/2019	80%	1,5	-1,5	609,73	619,57	6146,49
06/03/2019	85%	1,6	-1,6	700,13	686,36	6932,44
07/03/2019	87%	1,7	-1,6	796,43	686,36	7413,94
08/03/2019	86%	1,7	-1,6	796,43	686,36	7413,94
09/03/2019	83%	1,7	-1,7	796,43	754,36	7753,95
10/03/2019	78%	1,6	-1,6	700,13	686,36	6932,44
11/03/2019	69%	1,5	-1,4	609,73	554,40	5820,64
12/03/2019	60%	1,3	-1,3	447,11	491,25	4691,80
13/03/2019	50%	1,1	-1,1	309,33	372,50	3409,15
14/03/2019	44%	0,9	-0,9	196,86	266,15	2315,06
15/03/2019	45%	0,8	-0,9	150,19	266,15	2081,70
16/03/2019	55%	0,9	-1,0	196,86	317,61	2572,35
17/03/2019	71%	1,1	-1,2	309,33	430,49	3699,12
18/03/2019	87%	1,4	-1,5	525,36	619,57	5724,63
19/03/2019	101%	1,8	-1,8	898,50	823,14	8608,20
20/03/2019	111%	2,1	-2,1	1237,68	1029,60	11336,40
21/03/2019	113%	2,2	-2,2	1361,11	1096,84	12289,76
22/03/2019	110%	2,2	-2,3	1361,11	1096,84	12289,76
23/03/2019	100%	2,2	-2,1	1361,11	1029,60	11953,53
24/03/2019	86%	2,0	-1,9	1119,31	892,26	10057,80
25/03/2019	70%	1,7	-1,6	796,43	686,36	7413,94
26/03/2019	54%	1,4	-1,3	525,36	491,25	5083,03
27/03/2019	41%	1,0	-1,0	249,91	317,61	2837,61
28/03/2019	33%	0,7	-0,9	109,90	266,15	1880,27
29/03/2019	35%	0,6	-0,8	75,98	218,43	1472,06
30/03/2019	43%	0,8	-0,8	150,19	218,43	1843,12
31/03/2019	53%	0,9	-0,9	196,86	266,15	2315,06

**Tabla 8.8. RESULTADOS MARZO**

**ABRIL**

Fecha	Coeficiente	Altura plea	Altura baja	Potencia plea (kW)e	Potencia baja (kW)e	Energía total (kWh)e
01/04/2019	63%	1,1	-1,1	309,33	372,50	3409,15
02/04/2019	73%	1,3	-1,3	447,11	491,25	4691,80
03/04/2019	81%	1,4	-1,5	525,36	619,57	5724,63
04/04/2019	87%	1,6	-1,6	700,13	686,36	6932,44
05/04/2019	90%	1,7	-1,7	796,43	754,36	7753,95
06/04/2019	90%	1,7	-1,7	796,43	754,36	7753,95
07/04/2019	87%	1,7	-1,7	796,43	754,36	7753,95
08/04/2019	81%	1,7	-1,6	796,43	686,36	7413,94
09/04/2019	73%	1,5	-1,5	609,73	619,57	6146,49
10/04/2019	62%	1,4	-1,3	525,36	491,25	5083,03
11/04/2019	52%	1,2	-1,3	375,08	491,25	4331,64
12/04/2019	45%	0,9	-1,1	196,86	372,50	2846,80
13/04/2019	48%	0,8	-0,9	150,19	266,15	2081,70
14/04/2019	58%	0,9	-1,1	196,86	372,50	2846,80
15/04/2019	73%	1,2	-1,3	375,08	491,25	4331,64
16/04/2019	88%	1,5	-1,5	609,73	619,57	6146,49
17/04/2019	100%	1,7	-1,8	796,43	823,14	8097,86
18/04/2019	106%	1,9	-2,0	1006,18	961,23	9837,07
19/04/2019	107%	2,1	-2,1	1237,68	1029,60	11336,40
20/04/2019	103%	2,1	-2,1	1237,68	1029,60	11336,40
21/04/2019	93%	1,9	-2,1	1006,18	1029,60	10178,88
22/04/2019	81%	1,8	-1,9	898,50	892,26	8953,76
23/04/2019	67%	1,5	-1,5	609,73	619,57	6146,49
24/04/2019	53%	1,2	-1,2	375,08	430,49	4027,88
25/04/2019	42%	1,0	-1,0	249,91	317,61	2837,61
26/04/2019	35%	0,7	-0,9	109,90	266,15	1880,27
27/04/2019	35%	0,6	-0,8	75,98	218,43	1472,06
28/04/2019	41%	0,6	-0,7	75,98	174,75	1253,65
29/04/2019	50%	0,8	-0,9	150,19	266,15	2081,70
30/04/2019	61%	1,0	-1,1	249,91	372,50	3112,06

**Tabla 8.9. RESULTADOS ABRIL**

## MAYO

Fecha	Coeficiente	Altura plea	Altura baja	Potencia plea (kW)e	Potencia baja (kW)e	Energía total (kWh)e
01/05/2019	70%	1,2	-1,2	375,08	430,49	4027,88
02/05/2019	79%	1,3	-1,4	447,11	554,40	5007,56
03/05/2019	86%	1,5	-1,5	609,73	619,57	6146,49
04/05/2019	90%	1,6	-1,7	700,13	754,36	7272,45
05/05/2019	91%	1,7	-1,7	796,43	754,36	7753,95
06/05/2019	88%	1,7	-1,7	796,43	754,36	7753,95
07/05/2019	83%	1,7	-1,7	796,43	754,36	7753,95
08/05/2019	74%	1,6	-1,6	700,13	686,36	6932,44
09/05/2019	65%	1,4	-1,6	525,36	686,36	6058,59
10/05/2019	56%	1,3	-1,2	447,11	430,49	4388,04
11/05/2019	52%	1,2	-1,3	375,08	491,25	4331,64
12/05/2019	54%	1,2	-1,0	375,08	317,61	3463,46
13/05/2019	63%	1,0	-1,2	249,91	430,49	3402,03
14/05/2019	74%	1,1	-1,3	309,33	491,25	4002,89
15/05/2019	84%	1,4	-1,5	525,36	619,57	5724,63
16/05/2019	92%	1,6	-1,7	700,13	754,36	7272,45
17/05/2019	96%	1,8	-1,8	898,50	823,14	8608,20
18/05/2019	96%	1,9	-1,9	1006,18	892,26	9492,18
19/05/2019	92%	1,9	-1,9	1006,18	892,26	9492,18
20/05/2019	85%	1,8	-1,8	898,50	823,14	8608,20
21/05/2019	76%	1,6	-1,8	700,13	823,14	7616,35
22/05/2019	66%	1,4	-1,4	525,36	554,40	5398,78
23/05/2019	55%	1,2	-1,2	375,08	430,49	4027,88
24/05/2019	46%	1,1	-1,2	309,33	430,49	3699,12
25/05/2019	40%	0,8	-0,8	150,19	218,43	1843,12
26/05/2019	38%	0,7	-0,7	109,90	174,75	1423,26
27/05/2019	41%	0,7	-0,7	109,90	174,75	1423,26
28/05/2019	48%	0,8	-0,7	150,19	174,75	1624,70
29/05/2019	57%	0,9	-0,9	196,86	266,15	2315,06
30/05/2019	66%	1,1	-1,1	309,33	372,50	3409,15
31/05/2019	74%	1,2	-1,3	375,08	491,25	4331,64

**Tabla 8.10. RESULTADOS MAYO**

## JUNIO

Fecha	Coeficiente	Altura plea	Altura baja	Potencia plea (kW)e	Potencia baja (kW)e	Energía total (kWh)e
01/06/2019	82%	1,4	-1,5	525,36	619,57	5724,63
02/06/2019	87%	1,5	-1,6	609,73	686,36	6480,45
03/06/2019	89%	1,6	-1,7	700,13	754,36	7272,45
04/06/2019	89%	1,7	-1,7	796,43	754,36	7753,95
05/06/2019	85%	1,7	-1,7	796,43	754,36	7753,95
06/06/2019	79%	1,6	-1,7	700,13	754,36	7272,45
07/06/2019	72%	1,5	-1,5	609,73	619,57	6146,49
08/06/2019	65%	1,3	-1,4	447,11	554,40	5007,56
09/06/2019	61%	1,1	-1,2	309,33	430,49	3699,12
10/06/2019	60%	1,1	-1,1	309,33	372,50	3409,15
11/06/2019	64%	1,1	-1,1	309,33	372,50	3409,15
12/06/2019	69%	1,3	-1,2	447,11	430,49	4388,04
13/06/2019	75%	1,4	-1,3	525,36	491,25	5083,03
14/06/2019	79%	1,5	-1,5	609,73	619,57	6146,49
15/06/2019	82%	1,5	-1,6	609,73	686,36	6480,45
16/06/2019	83%	1,6	-1,6	700,13	686,36	6932,44
17/06/2019	82%	1,6	-1,7	700,13	754,36	7272,45
18/06/2019	79%	1,5	-1,6	609,73	686,36	6480,45
19/06/2019	74%	1,4	-1,5	525,36	619,57	5724,63
20/06/2019	68%	1,3	-1,4	447,11	554,40	5007,56
21/06/2019	61%	1,2	-1,3	375,08	491,25	4331,64
22/06/2019	54%	1,2	-1,1	375,08	372,50	3737,91
23/06/2019	48%	1,1	-1,2	309,33	430,49	3699,12
24/06/2019	45%	0,8	-0,9	150,19	266,15	2081,70
25/06/2019	44%	0,7	-0,8	109,90	218,43	1641,68
26/06/2019	47%	0,7	-0,8	109,90	218,43	1641,68
27/06/2019	52%	0,8	-0,8	150,19	218,43	1843,12
28/06/2019	60%	0,9	-1,0	196,86	317,61	2572,35
29/06/2019	68%	1,1	-1,2	309,33	430,49	3699,12
30/06/2019	76%	1,3	-1,4	447,11	554,40	5007,56

**Tabla 8.11. RESULTADOS JUNIO**

## JULIO

Fecha	Coeficiente	Altura plea	Altura baja	Potencia plea (kW)e	Potencia baja (kW)e	Energía total (kWh)e
01/07/2019	84%	1,6	-1,6	700,13	686,36	6932,44
02/07/2019	89%	1,5	-1,7	609,73	754,36	6820,46
03/07/2019	92%	1,9	-1,8	1006,18	823,14	9146,62
04/07/2019	92%	2,0	-1,8	1119,31	823,14	9712,24
05/07/2019	88%	2,0	-1,8	1119,31	823,14	9712,24
06/07/2019	82%	1,9	-1,7	1006,18	754,36	8802,72
07/07/2019	75%	1,7	-1,8	796,43	823,14	8097,86
08/07/2019	68%	1,5	-1,6	609,73	686,36	6480,45
09/07/2019	62%	1,4	-1,5	525,36	619,57	5724,63
10/07/2019	59%	1,1	-1,3	309,33	491,25	4002,89
11/07/2019	60%	1,2	-1,1	375,08	372,50	3737,91
12/07/2019	62%	1,2	-1,2	375,08	430,49	4027,88
13/07/2019	67%	1,3	-1,3	447,11	491,25	4691,80
14/07/2019	71%	1,4	-1,4	525,36	554,40	5398,78
15/07/2019	75%	1,5	-1,5	609,73	619,57	6146,49
16/07/2019	77%	1,6	-1,5	700,13	619,57	6598,47
17/07/2019	77%	1,6	-1,5	700,13	619,57	6598,47
18/07/2019	76%	1,6	-1,5	700,13	619,57	6598,47
19/07/2019	73%	1,6	-1,4	700,13	554,40	6272,63
20/07/2019	68%	1,5	-1,4	609,73	554,40	5820,64
21/07/2019	63%	1,4	-1,4	525,36	554,40	5398,78
22/07/2019	57%	1,2	-1,2	375,08	430,49	4027,88
23/07/2019	52%	1,1	-1,2	309,33	430,49	3699,12
24/07/2019	47%	0,9	-0,9	196,86	266,15	2315,06
25/07/2019	45%	0,8	-0,8	150,19	218,43	1843,12
26/07/2019	47%	0,8	-0,8	150,19	218,43	1843,12
27/07/2019	53%	0,9	-0,9	196,86	266,15	2315,06
28/07/2019	62%	0,9	-1,1	196,86	372,50	2846,80
29/07/2019	73%	1,3	-1,3	447,11	491,25	4691,80
30/07/2019	85%	1,6	-1,6	700,13	686,36	6932,44
31/07/2019	93%	1,8	-1,9	898,50	892,26	8953,76

**Tabla 8.12. RESULTADOS JULIO**



## AGOSTO

Fecha	Coeficiente	Altura plea	Altura baja	Potencia plea (kW)e	Potencia baja (kW)e	Energía total (kWh)e
01/08/2019	99%	2,0	-2,0	1119,31	961,23	10402,69
02/08/2019	102%	2,2	-2,0	1361,11	961,23	11611,72
03/08/2019	99%	2,2	-2,1	1361,11	1029,60	11953,53
04/08/2019	93%	2,1	-1,9	1237,68	892,26	10649,70
05/08/2019	82%	1,9	-1,8	1006,18	823,14	9146,62
06/08/2019	70%	1,6	-1,6	700,13	686,36	6932,44
07/08/2019	59%	1,3	-1,5	447,11	619,57	5333,41
08/08/2019	51%	1,1	-1,3	309,33	491,25	4002,89
09/08/2019	48%	1,0	-1,1	249,91	372,50	3112,06
10/08/2019	51%	1,0	-1,0	249,91	317,61	2837,61
11/08/2019	57%	1,1	-1,1	309,33	372,50	3409,15
12/08/2019	64%	1,3	-1,3	447,11	491,25	4691,80
13/08/2019	71%	1,4	-1,4	525,36	554,40	5398,78
14/08/2019	76%	1,5	-1,5	609,73	619,57	6146,49
15/08/2019	79%	1,6	-1,6	700,13	686,36	6932,44
16/08/2019	80%	1,6	-1,5	700,13	619,57	6598,47
17/08/2019	79%	1,6	-1,6	700,13	686,36	6932,44
18/08/2019	77%	1,6	-1,5	700,13	619,57	6598,47
19/08/2019	72%	1,5	-1,4	609,73	554,40	5820,64
20/08/2019	66%	1,4	-1,3	525,36	491,25	5083,03
21/08/2019	58%	1,2	-1,2	375,08	430,49	4027,88
22/08/2019	51%	1,0	-1,0	249,91	317,61	2837,61
23/08/2019	45%	0,9	-0,9	196,86	266,15	2315,06
24/08/2019	43%	0,8	-0,8	150,19	218,43	1843,12
25/08/2019	47%	0,8	-0,9	150,19	266,15	2081,70
26/08/2019	58%	0,8	-0,9	150,19	266,15	2081,70
27/08/2019	72%	1,3	-1,3	447,11	491,25	4691,80
28/08/2019	87%	1,6	-1,4	700,13	554,40	6272,63
29/08/2019	100%	1,9	-2,0	1006,18	961,23	9837,07
30/08/2019	108%	2,2	-2,2	1361,11	1096,84	12289,76
31/08/2019	111%	2,3	-2,1	1489,36	1029,60	12594,78

**Tabla 8.13. RESULTADOS AGOSTO**

## SEPTIEMBRE

Fecha	Coeficiente	Altura plea	Altura baja	Potencia plea (kW)e	Potencia baja (kW)e	Energía total (kWh)e
01/09/2019	108%	2,3	-2,3	1489,36	1096,84	12931,02
02/09/2019	98%	2,1	-2,1	1237,68	1029,60	11336,40
03/09/2019	84%	1,9	-1,9	1006,18	892,26	9492,18
04/09/2019	68%	1,6	1,6	700,13	700,13	7001,26
05/09/2019	53%	1,2	-1,3	375,08	491,25	4331,64
06/09/2019	42%	0,9	-1,1	196,86	372,50	2846,80
07/09/2019	39%	0,9	-0,9	196,86	266,15	2315,06
08/09/2019	44%	0,9	-0,9	196,86	266,15	2315,06
09/09/2019	52%	0,8	-0,8	150,19	218,43	1843,12
10/09/2019	62%	1,2	-1,2	375,08	430,49	4027,88
11/09/2019	70%	1,4	-1,2	525,36	430,49	4779,26
12/09/2019	77%	1,5	-1,3	609,73	491,25	5504,89
13/09/2019	82%	1,6	-1,5	700,13	619,57	6598,47
14/09/2019	85%	1,7	-1,7	796,43	754,36	7753,95
15/09/2019	85%	1,7	-1,6	796,43	686,36	7413,94
16/09/2019	83%	1,6	-1,6	700,13	686,36	6932,44
17/09/2019	78%	1,6	-1,6	700,13	686,36	6932,44
18/09/2019	71%	1,4	-1,5	525,36	619,57	5724,63
19/09/2019	62%	1,3	-1,4	447,11	554,40	5007,56
20/09/2019	53%	1,1	-1,1	309,33	372,50	3409,15
21/09/2019	44%	0,9	-1,0	196,86	317,61	2572,35
22/09/2019	40%	0,9	-0,7	196,86	174,75	1858,05
23/09/2019	45%	0,8	-0,9	150,19	266,15	2081,70
24/09/2019	59%	0,8	-1,1	150,19	372,50	2613,45
25/09/2019	75%	1,3	-1,4	447,11	554,40	5007,56
26/09/2019	92%	1,7	-1,4	796,43	554,40	6754,13
27/09/2019	105%	2,0	-1,8	1119,31	823,14	9712,24
28/09/2019	114%	2,2	-2,2	1361,11	1096,84	12289,76
29/09/2019	115%	2,3	-2,3	1489,36	1096,84	12931,02
30/09/2019	109%	2,3	-2,2	1489,36	1096,84	12931,02

**Tabla 8.14. RESULTADOS SEPTIEMBRE**

## OCTUBRE

Fecha	Coeficiente	Altura plea	Altura baja	Potencia plea (kW)e	Potencia baja (kW)e	Energía total (kWh)e
01/10/2019	97%	2,1	-2,1	1237,68	1029,60	11336,40
02/10/2019	81%	1,9	-2,0	1006,18	961,23	9837,07
03/10/2019	64%	1,6	-1,7	700,13	754,36	7272,45
04/10/2019	49%	1,3	-1,4	447,11	554,40	5007,56
05/10/2019	37%	1,0	-1,0	249,91	317,61	2837,61
06/10/2019	34%	0,8	-0,8	150,19	218,43	1843,12
07/10/2019	40%	0,6	-0,7	75,98	174,75	1253,65
08/10/2019	49%	0,7	-0,7	109,90	174,75	1423,26
09/10/2019	60%	0,9	-0,9	196,86	266,15	2315,06
10/10/2019	69%	1,1	-1,1	309,33	372,50	3409,15
11/10/2019	77%	1,5	-1,5	609,73	619,57	6146,49
12/10/2019	83%	1,6	-1,6	700,13	686,36	6932,44
13/10/2019	87%	1,5	-1,6	609,73	686,36	6480,45
14/10/2019	88%	1,6	-1,6	700,13	686,36	6932,44
15/10/2019	86%	1,6	-1,7	700,13	754,36	7272,45
16/10/2019	82%	1,6	-1,7	700,13	754,36	7272,45
17/10/2019	74%	1,5	-1,5	609,73	619,57	6146,49
18/10/2019	65%	1,4	-1,4	525,36	554,40	5398,78
19/10/2019	54%	1,3	-1,3	447,11	491,25	4691,80
20/10/2019	45%	1,1	-1,1	309,33	372,50	3409,15
21/10/2019	42%	0,8	-0,9	150,19	266,15	2081,70
22/10/2019	48%	0,9	-1,0	196,86	317,61	2572,35
23/10/2019	62%	1,1	-1,2	309,33	430,49	3699,12
24/10/2019	78%	1,4	-1,5	525,36	619,57	5724,63
25/10/2019	93%	1,7	-1,8	796,43	823,14	8097,86
26/10/2019	105%	1,9	-2,0	1006,18	961,23	9837,07
27/10/2019	110%	2,1	-2,1	1237,68	1029,60	11336,40
28/10/2019	109%	2,2	-2,3	1361,11	1096,84	12289,76
29/10/2019	103%	2,1	-2,1	1237,68	1029,60	11336,40
30/10/2019	91%	1,9	-1,9	1006,18	892,26	9492,18
31/10/2019	77%	1,9	-1,8	1006,18	823,14	9146,62

**Tabla 8.15. RESULTADOS OCTUBRE**

## NOVIEMBRE

Fecha	Coeficiente	Altura plea	Altura baja	Potencia plea (kW)e	Potencia baja (kW)e	Energía total (kWh)e
01/11/2019	62%	1,6	-1,6	700,13	686,36	6932,44
02/11/2019	48%	1,4	-1,3	525,36	491,25	5083,03
03/11/2019	38%	1,1	-1,0	309,33	317,61	3134,70
04/11/2019	34%	0,9	-0,8	196,86	218,43	2076,47
05/11/2019	38%	0,8	-0,8	150,19	218,43	1843,12
06/11/2019	46%	0,9	-0,9	196,86	266,15	2315,06
07/11/2019	56%	0,8	-1,1	150,19	372,50	2613,45
08/11/2019	65%	1,2	-1,2	375,08	430,49	4027,88
09/11/2019	74%	1,3	-1,4	447,11	554,40	5007,56
10/11/2019	81%	1,5	-1,5	609,73	619,57	6146,49
11/11/2019	85%	1,5	-1,6	609,73	686,36	6480,45
12/11/2019	87%	1,6	-1,7	700,13	754,36	7272,45
13/11/2019	87%	1,6	-1,7	700,13	754,36	7272,45
14/11/2019	83%	1,6	-1,6	700,13	686,36	6932,44
15/11/2019	77%	1,6	-1,6	700,13	686,36	6932,44
16/11/2019	68%	1,3	-1,6	447,11	686,36	5667,37
17/11/2019	59%	1,2	-1,4	375,08	554,40	4647,40
18/11/2019	52%	1,3	-1,2	447,11	430,49	4388,04
19/11/2019	49%	1,2	-1,1	375,08	372,50	3737,91
20/11/2019	54%	1,1	-1,1	309,33	372,50	3409,15
21/11/2019	65%	1,2	-1,2	375,08	430,49	4027,88
22/11/2019	77%	1,4	-1,4	525,36	554,40	5398,78
23/11/2019	87%	1,6	-1,7	700,13	754,36	7272,45
24/11/2019	95%	1,8	-1,8	898,50	823,14	8608,20
25/11/2019	99%	1,9	-1,9	1006,18	892,26	9492,18
26/11/2019	98%	1,9	-1,9	1006,18	892,26	9492,18
27/11/2019	93%	2,0	-2,0	1119,31	961,23	10402,69
28/11/2019	85%	1,9	-1,9	1006,18	892,26	9492,18
29/11/2019	75%	1,8	-1,7	898,50	754,36	8264,30
30/11/2019	64%	1,6	-1,5	700,13	619,57	6598,47

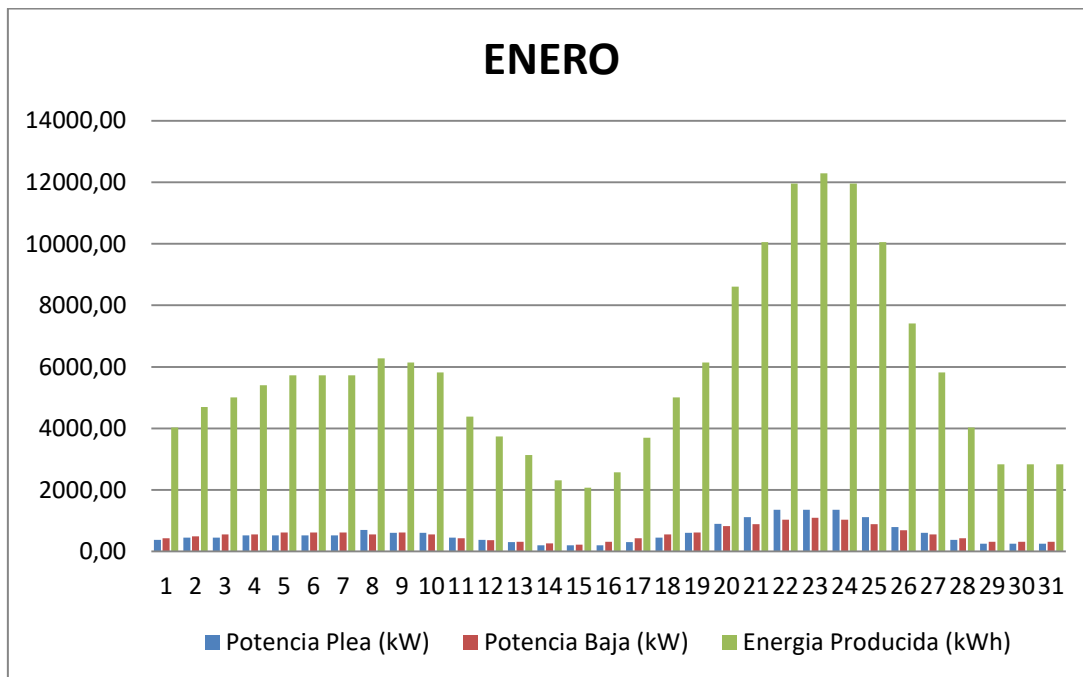
**Tabla 8.16. RESULTADOS NOVIEMBRE**

## DICIEMBRE

Fecha	Coeficiente	Altura plea	Altura baja	Potencia plea (kW)e	Potencia baja (kW)e	Energía total (kWh)e
01/12/2019	53%	1,4	-1,3	525,36	491,25	5083,03
02/12/2019	44%	1,2	-1,1	375,08	372,50	3737,91
03/12/2019	39%	0,7	-0,9	109,90	266,15	1880,27
04/12/2019	39%	0,9	-0,8	196,86	218,43	2076,47
05/12/2019	43%	0,8	-0,9	150,19	266,15	2081,70
06/12/2019	50%	0,9	-0,9	196,86	266,15	2315,06
07/12/2019	58%	0,8	-1,1	150,19	372,50	2613,45
08/12/2019	66%	1,1	-1,2	309,33	430,49	3699,12
09/12/2019	74%	1,3	-1,4	447,11	554,40	5007,56
10/12/2019	80%	1,4	-1,5	525,36	619,57	5724,63
11/12/2019	84%	1,5	-1,6	609,73	686,36	6480,45
12/12/2019	86%	1,6	-1,7	700,13	754,36	7272,45
13/12/2019	86%	1,6	-1,7	700,13	754,36	7272,45
14/12/2019	82%	1,6	-1,6	700,13	686,36	6932,44
15/12/2019	76%	1,7	-1,7	796,43	754,36	7753,95
16/12/2019	70%	1,7	-1,6	796,43	686,36	7413,94
17/12/2019	63%	1,5	-1,5	609,73	619,57	6146,49
18/12/2019	60%	1,4	-1,4	525,36	554,40	5398,78
19/12/2019	59%	1,3	-1,3	447,11	491,25	4691,80
20/12/2019	63%	1,3	-1,3	447,11	491,25	4691,80
21/12/2019	69%	1,3	-1,3	447,11	491,25	4691,80
22/12/2019	75%	1,4	-1,4	525,36	554,40	5398,78
23/12/2019	80%	1,5	-1,6	609,73	686,36	6480,45
24/12/2019	84%	1,6	-1,6	700,13	686,36	6932,44
25/12/2019	86%	1,6	-1,7	700,13	754,36	7272,45
26/12/2019	85%	1,6	-1,7	700,13	754,36	7272,45
27/12/2019	81%	1,5	-1,6	609,73	686,36	6480,45
28/12/2019	76%	1,8	-1,7	898,50	754,36	8264,30
29/12/2019	70%	1,7	-1,6	796,43	686,36	7413,94
30/12/2019	62%	1,5	-1,4	609,73	554,40	5820,64
31/12/2019	55%	1,3	-1,2	447,11	430,49	4388,04

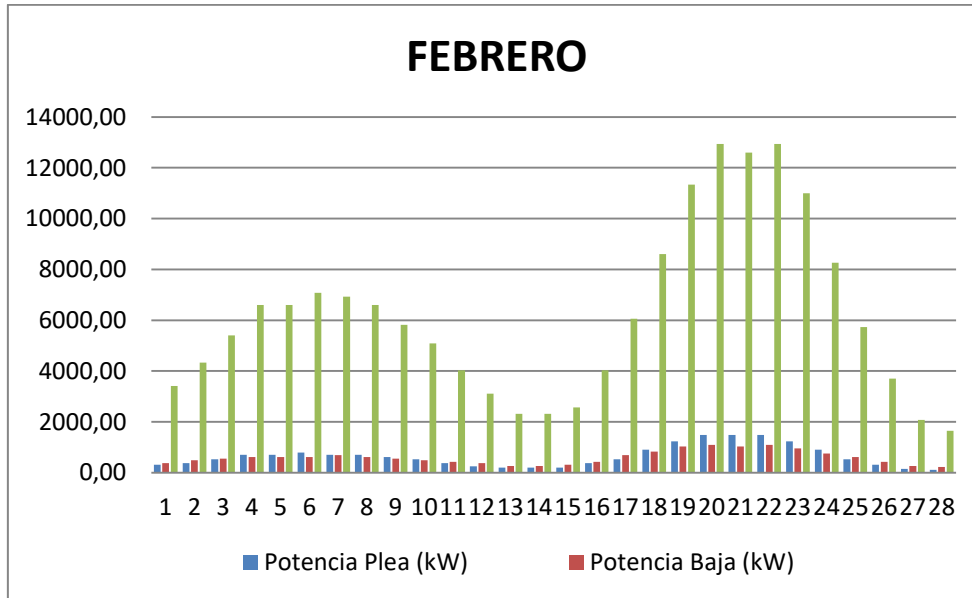
**Tabla 8.17. RESULTADOS DICIEMBRE**

Desde el punto de vista mensual teniendo en cuenta todos los días con sus diferentes características, vamos a observar como varían los datos relacionando la potencia de pleamar y de bajamar, con la energía obtenida durante todo el mes.

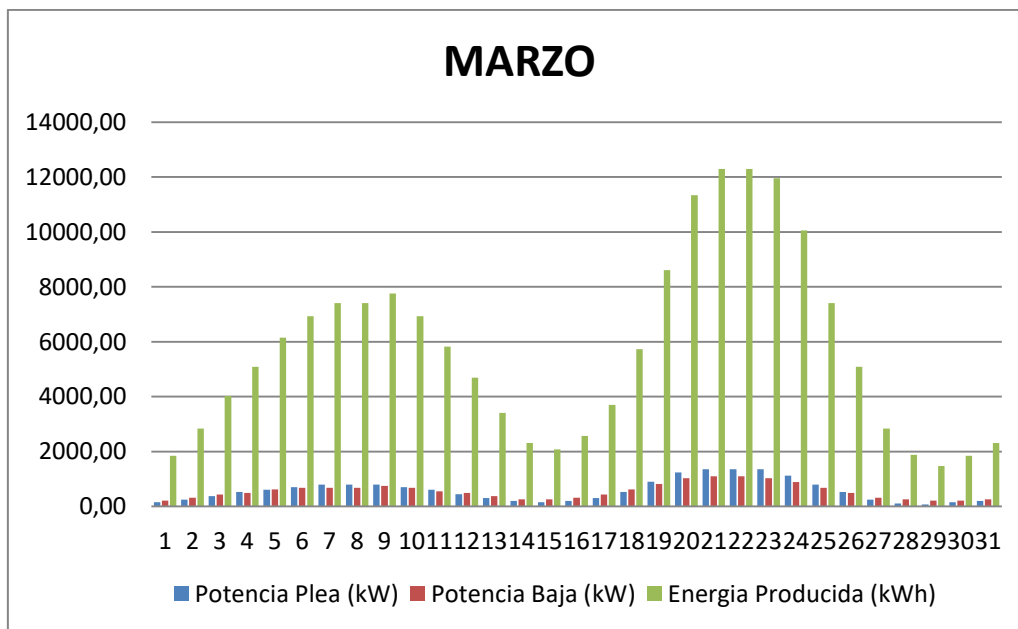


**Gráfica 8.2. ENERGIA ENERO**

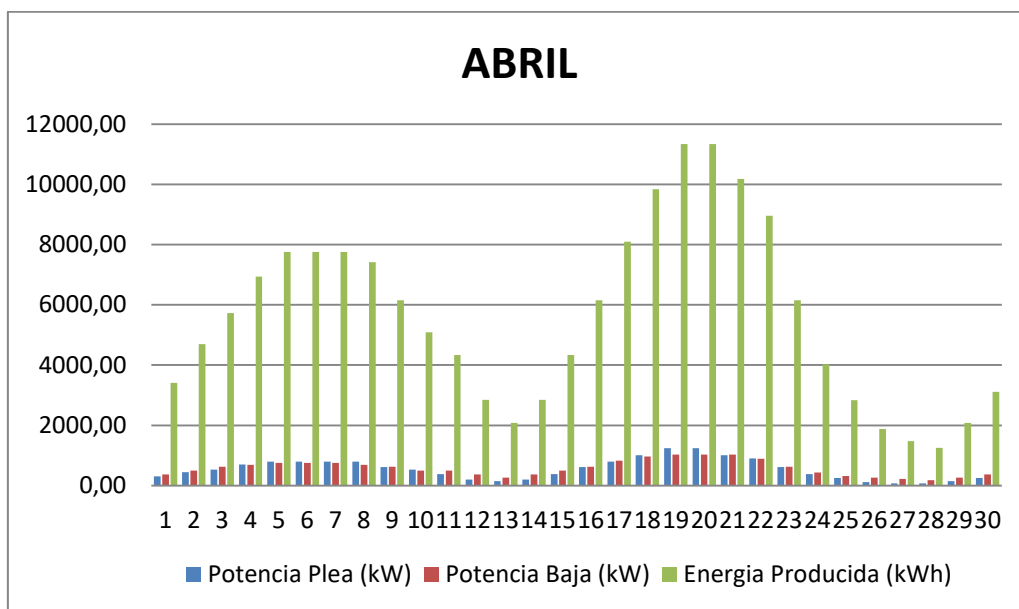




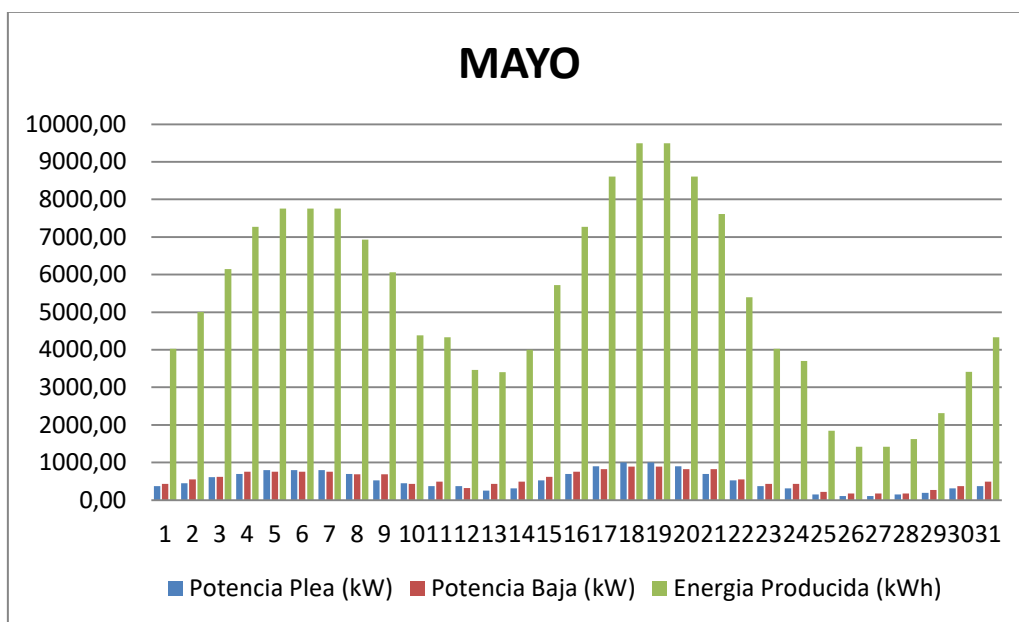
**Gráfica 8.3. ENERGIA FEBRERO**



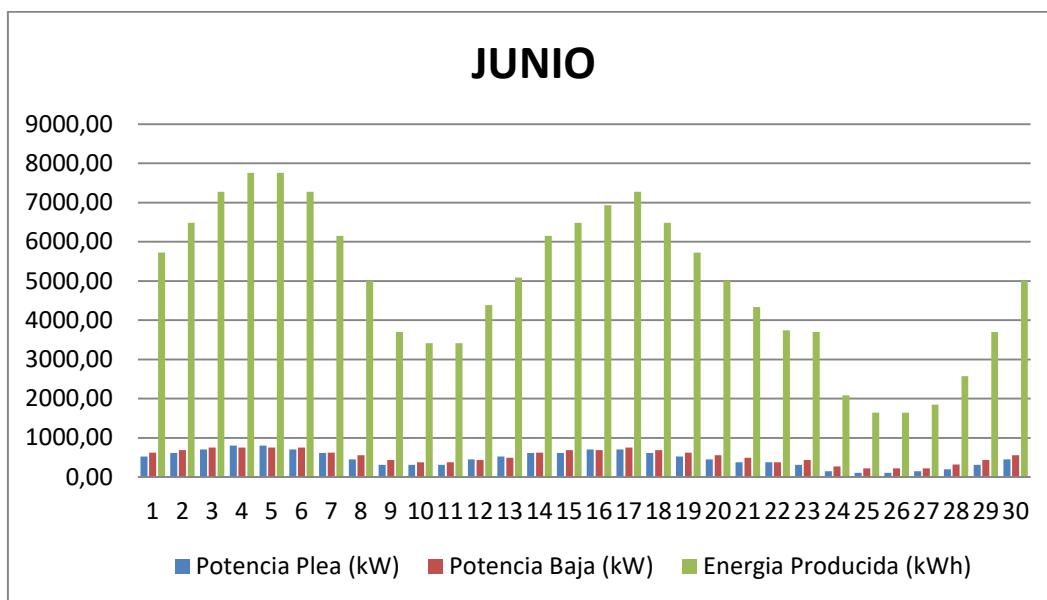
**Gráfica 8.4. ENERGIA MARZO**



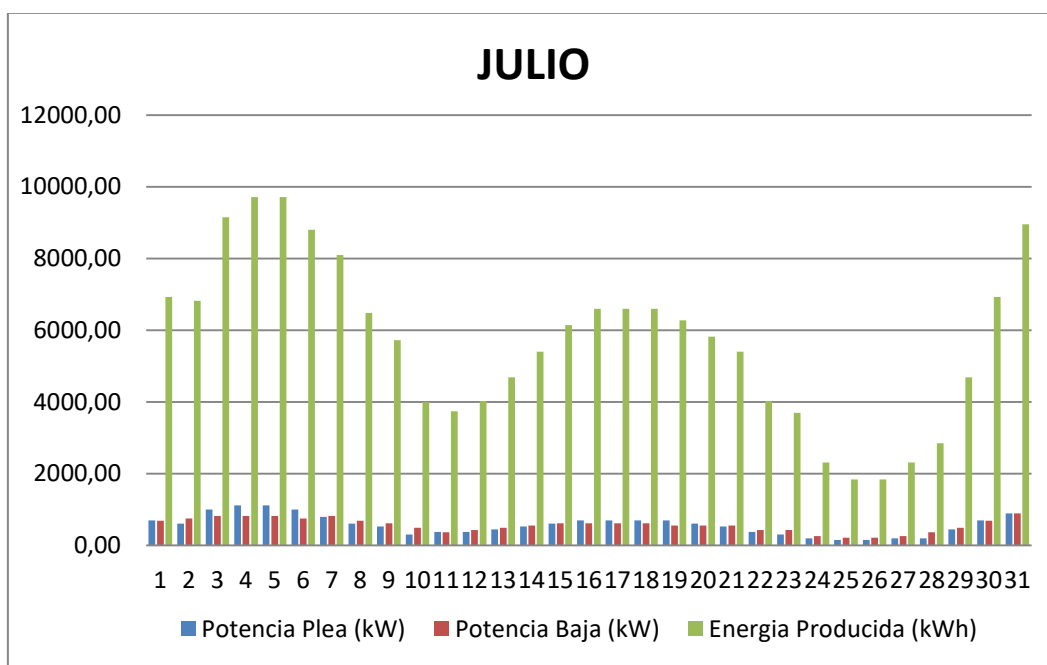
**Gráfica 8.5. ENERGIA ABRIL**



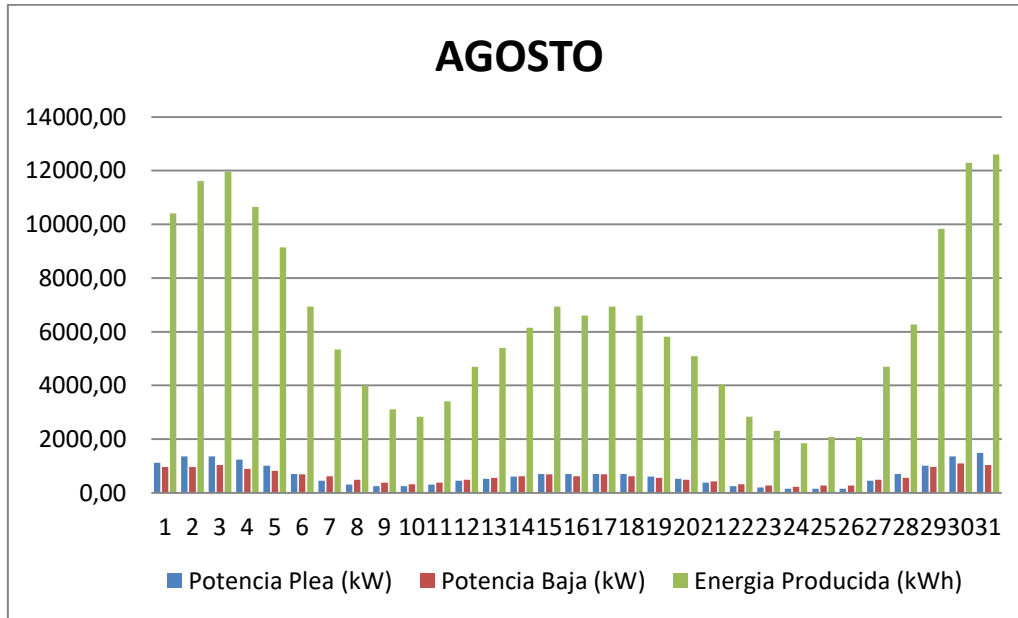
**Gráfica 8.6. ENERGIA MAYO**



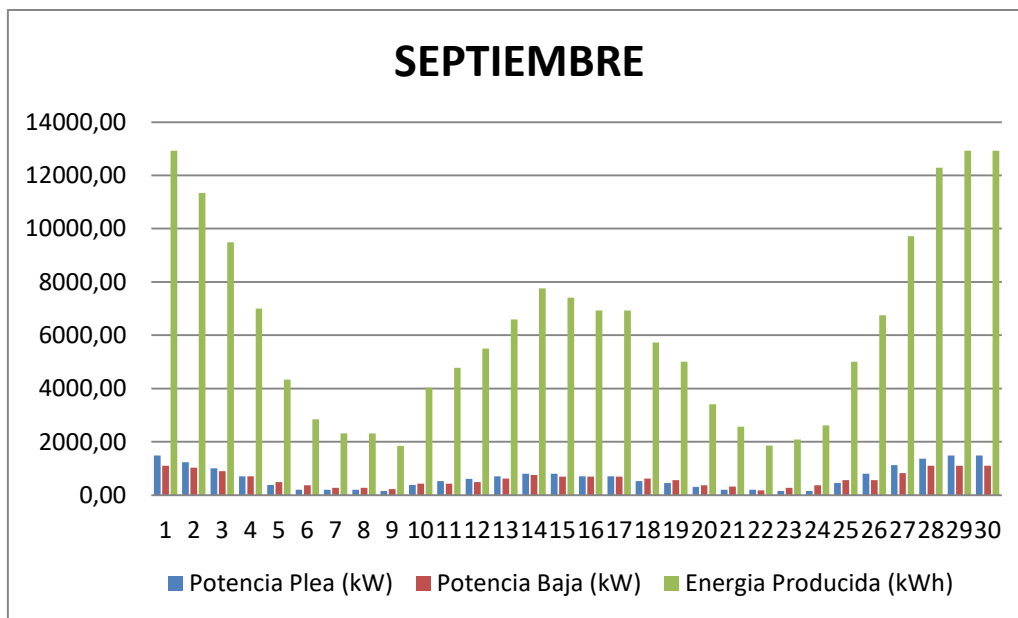
**Gráfica 8.7. ENERGIA JUNIO**



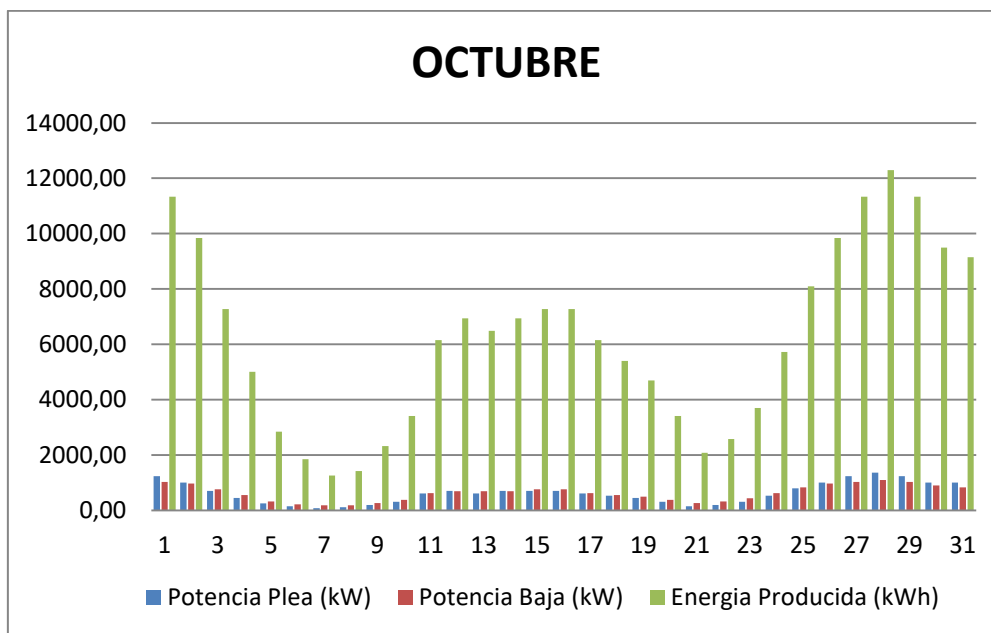
**Gráfica 8.8. ENERGIA JULIO**



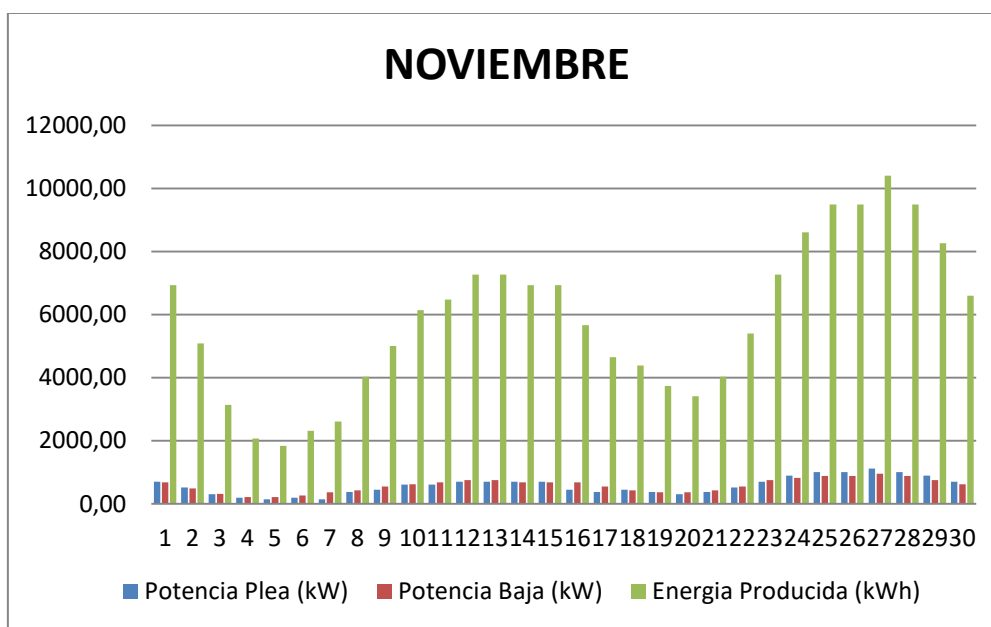
**Gráfica 8.9. ENERGIA AGOSTO**



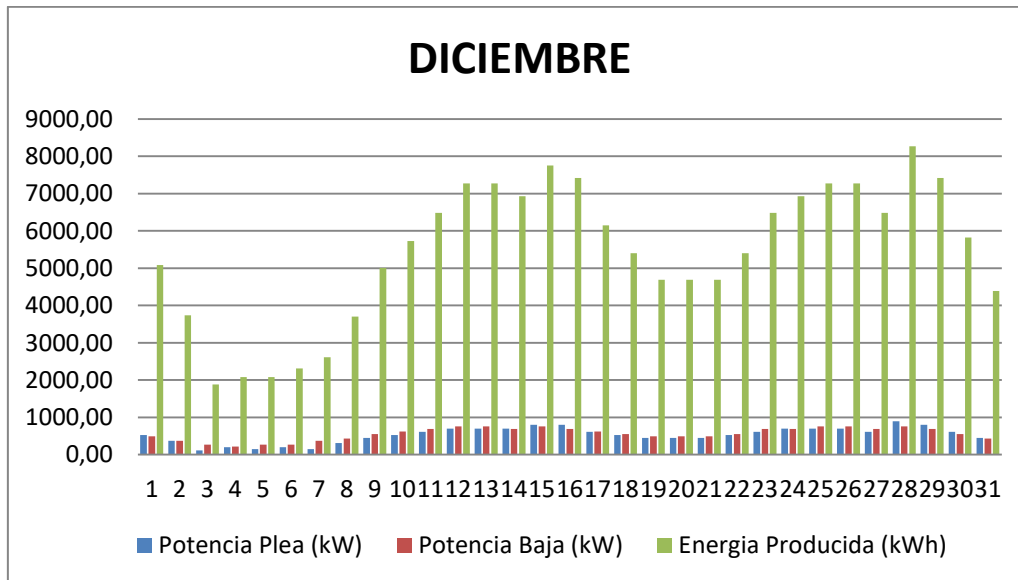
**Gráfica 8.10. ENERGIA SEPTIEMBRE**



**Gráfica 8.11. ENERGIA OCTUBRE**



**Gráfica 8.12. ENERGIA NOVIEMBRE**



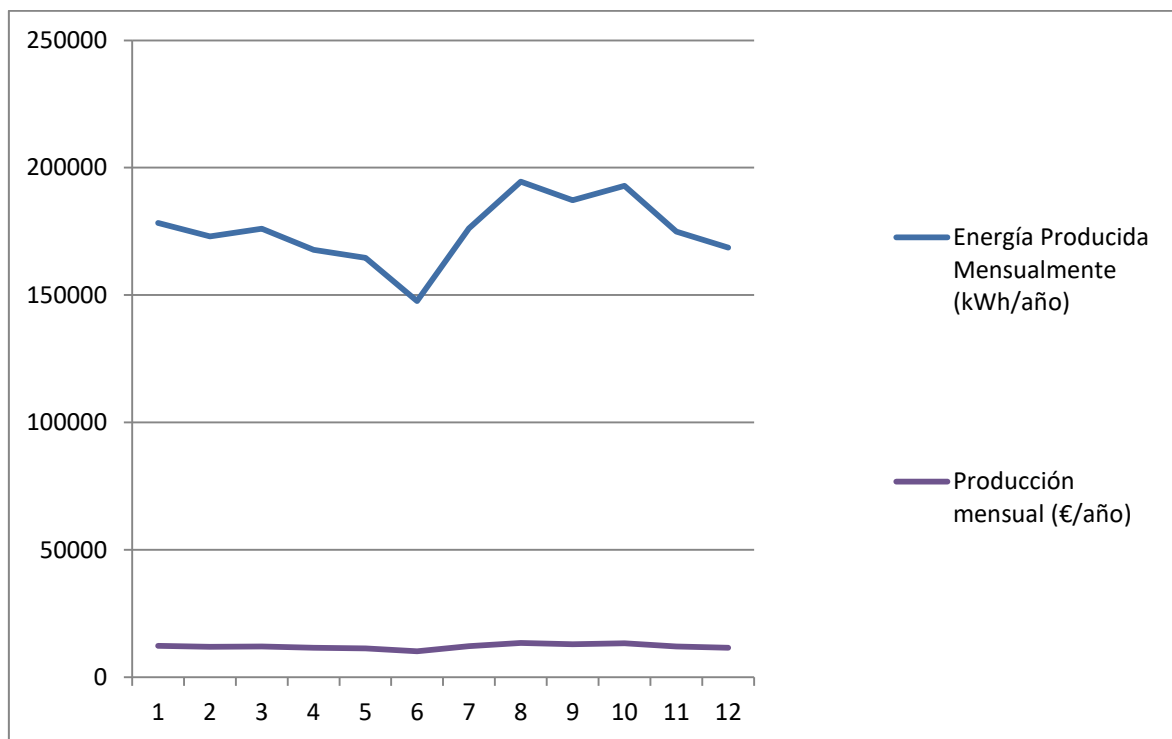
**Gráfica 8.13. ENERGIA DICIEMBRE**

Observando las variaciones de energía producida en todos los meses, se ve que el mes que más produce es Octubre. Esta diferencia de producción comparada con los otros meses del año viene dada por los altos coeficientes de marea que tiene durante todos los días del mes.

El coeficiente de marea es un factor importante dentro del movimiento de las mareas debido a que depende de él la cantidad de agua que se mueve en cada proceso de subida y bajada, cuanto mayor es el coeficiente de marea, mayor cantidad de agua se verá involucrada en los procesos de pleamar y bajamar.

Ahora bien, teniendo en cuenta la producción mensual y la producción económica de cada mes, obtenemos la siguiente gráfica:





**Gráfica 8.14. RESULTADOS GENERALES**

Como se puede observar, la producción energética comienza de forma estabilizada hasta meses cercanos a verano, donde las mareas son menos fuertes y carecen de coeficientes de mareas altos. Una vez pasado esa franja temporal, comienzan a subir los coeficientes de marea poco a poco, lo que conlleva un aumento gradual de la producción hasta unos niveles altos donde las características meteorológicas afectan de forma directa en la producción, para posteriormente bajar un poco hasta los niveles iniciales a principios de año. [12]

Teniendo en cuenta los datos expuestos anteriormente se obtiene una producción energética anual de **2101985.65 kWh eléctricos**, que traducidos en términos económicos serían **144826.8 €** al año. [9]

Dentro del estudio del recurso, hay que tener en cuenta el resto de tipos de producción de energía que hay, y para la elección de nuestra tecnología hay que comparar las características de cada una de ellas. A continuación se explican todos los tipos.

### **TURBINAS DE EJE HORIZONTAL**

Son turbinas similares a turbinas eólicas tradicionales, pueden ser abiertas o colocadas sobre una estructura fijada al suelo en dirección a las corrientes, y según la dirección del flujo clasificarlas como activas o pasivas.

Un factor a destacar es el control del pitch para controlar el rendimiento hidrodinámico.

Pero tiene una preocupación que es ambiental relacionado con la colisión de las palas de las turbinas t los organismos marinos así como con el ruido que puede afectar a la fauna marina.

Un ejemplo a destacar es la de SeaGen con una potencia nominal de 2000 kW (1000 kW en cada rotor) con un diámetro de las turbinas de 20 m.



**Ilustración 8.2. TURBINA EJE HORIZONTAL**

### **TURBINAS DE EJE VERTICAL/HORIZONTAL**

Este tipo de turbinas se encargan de coger la energía cinética con cuchillas giratorias orientadas perpendicularmente a la dirección del flujo, pudiéndose montar en orientaciones verticales u horizontales.

En el caso de que se monten de forma vertical, el dispositivo puede funcionar independientemente de la dirección del flujo. En general tienen secciones transversales cilíndricas susceptibles de colocarse en canales confinados o que permiten un espacio de matriz estrecho.

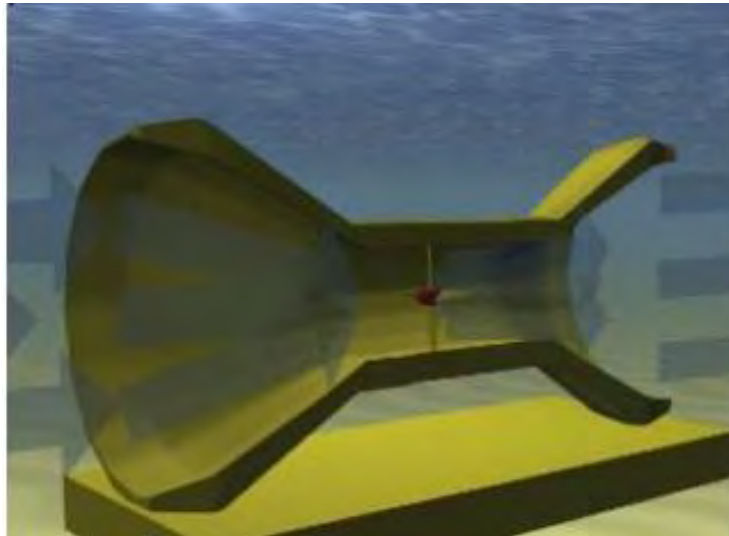
A niveles de medioambiente aparece una preocupación en la colisión de la fauna marina con las palas debido a la orientación de las palas que van dirigidas a la del flujo del agua. También hay preocupación por el ruido, los campos electromagnéticos y los cambios de flujo.



**Ilustración 8.3. TURBINA DE EJE VERTICAL**

### **TURBINAS MEDIANTE EFECTO VENTURI**

Como su propio nombre indica utiliza el efecto Venturi para captar el flujo de agua a una turbina que está en el centro de una estructura, como se puede observar en la siguiente imagen:



**Ilustración 8.4. TURBINA EFECTO VENTURI**

El ejemplo más claro de este tipo de mecanismo es el Open Hydro con una potencia de 2 MW y un diámetro de rotor de 16 m.



**Ilustración 8.5. TURBINA OPEN HYDRO**

## HYDROFOIL

Estos tipos de mecanismos no tienen componentes giratorios y poseen un ala hidrodinámica que empuja en la dirección transversal del flujo mediante elevación y arrastre. Ese movimiento lineal se puede convertir en rotatorio, moviéndose más lento que las turbinas, pero de una forma más libre y que provoca una preocupación en la colisión con otros objetos móviles.

Respecto al impacto medioambiental, suelen generar poco ruido.

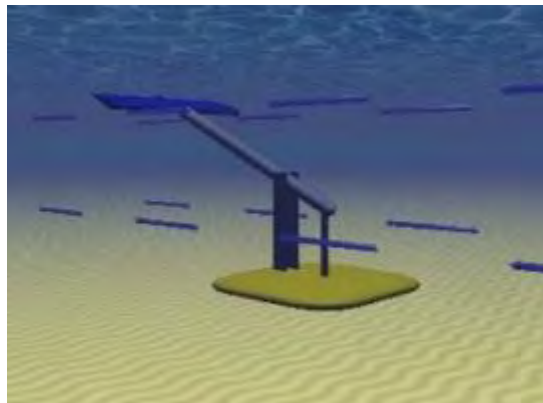


Ilustración 8.6. MECANISMO HYDROFOIL

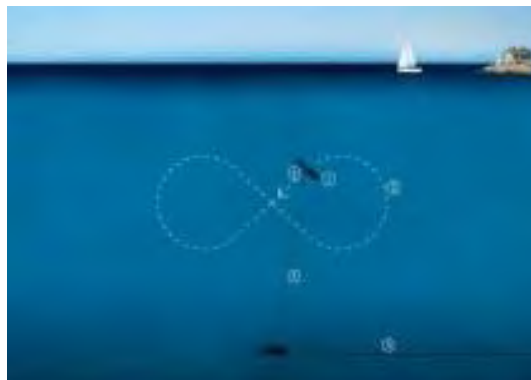
## COMETA O HYDRO-KITE

Básicamente se basa en una cometa marina compuesta por un ala hidrodinámica, equipada con una turbina y amarrada por un cable a un punto fijo que aprovecha el flujo para levantar el ala, a medida que la cometa 'vuela' se balancea a través del agua permitiendo una mayor extracción de energía para corrientes más lentas. La cometa tiene una flotación neutra para no caer a medida que la marea cambia de dirección teniendo un riesgo de colisión alto, y siendo su máxima preocupación.

Respecto al ruido, puede generar más que una turbina de eje horizontal dependiendo del diseño y el generador.



**Ilustración 8.7. COMETA/HYDRO-KITE**

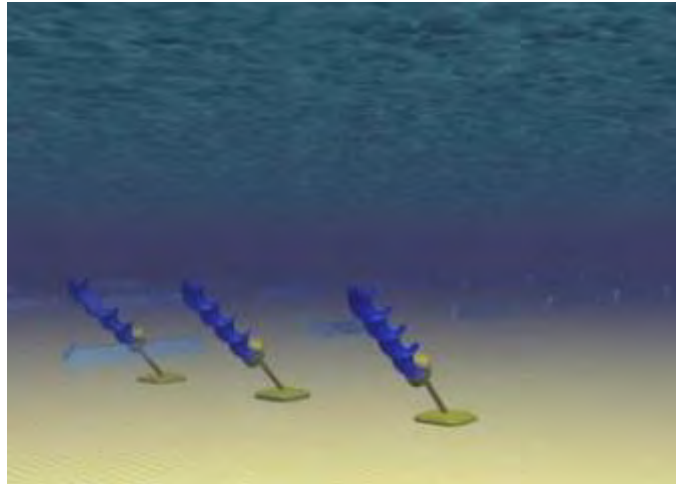


**Ilustración 8.8. COMETA/HYDRO-KITE**

### **TORNILLO DE ARQUIMEDES**

Diseñado como un tornillo de Arquímedes con una superficie helicoidal que rodea un eje cilíndrico central, donde la energía se genera a medida que el flujo de agua sube la espiral y gira el dispositivo, con una rotación lenta transfiriéndose a un generador por una caja de cambios.

La turbina se mueve muy lentamente y hay poco riesgo de colisión, generando poco ruido dependiendo del diseño y del generador.



**Ilustración 8.9. TORNILLO DE ARQUÍMEDES**

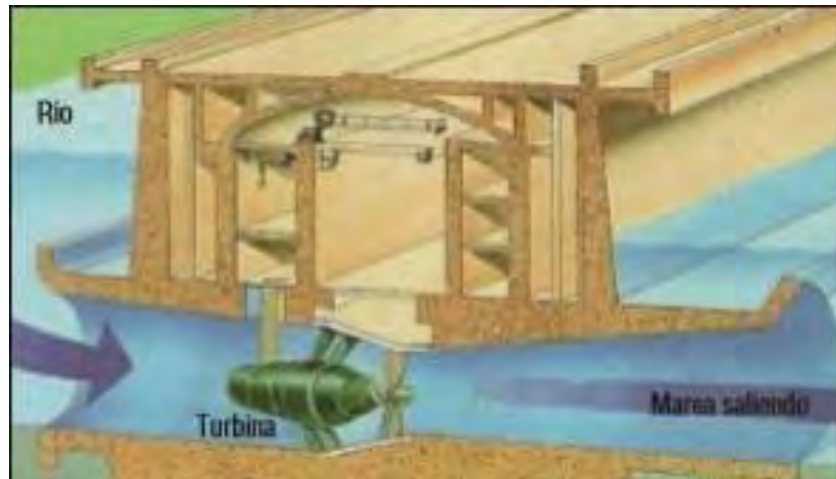
#### **APROVECHAMIENTO DE LAS MAREAS MEDIANTE CENTRALES DE EMBALSE.**

Finalmente tenemos esta técnica de aprovechamiento de las mareas, la cual es la que yo voy a utilizar en mi estudio en la bocana de la ría de San Vicente de la Barquera.

Como he explicado en el comportamiento de las mareas aquí en Cantabria, hay un periodo de 12h aproximadamente a nivel de variación del mar (pleamar y bajamar). En nuestro caso puede llevarnos a cambios significativos en los niveles por la topografía costera.

El funcionamiento de dichas centrales viene dado por el comportamiento de las mareas, al comenzar a subir la marea las compuertas de las turbinas se mantienen cerradas hasta que la diferencia de niveles alcance el valor idóneo, donde los grupos se ponen en marcha. Así se realizara cuando la mar este bajando en el sentido contrario que en el caso anterior.





**Ilustración 8.10. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO**

El aprovechamiento se aumenta con un bombeo, desagando a través de las turbinas, permitiendo una mejor adaptación del funcionamiento de la central en horas punta y valles de consumo.

El ejemplo en el que me apoyo y que más desarrollo ha tenido es el caso de **La Rance**. Está situado al norte de Francia justo en la desembocadura del río Rance. Fue inaugurada en 1966 y tiene una potencia instalada de 240 MW, con una amplitud entre mareas de 8 m. [11]



**Ilustración 8.11. SITUACION PRESA DE LA RANCE**

La presa consta de 330m de longitud y una cuenca de  $22 \text{ km}^2$ , con 24 turbinas de tipo Kaplan horizontal con distribuidor único, flujo axial 5.4 m de diámetro y 10 MW de potencia por cada turbina, con 4 álabes orientables en el rodete, 24 álabes del distribuidor y produciendo 600 GWh al año.

Desde el punto de vista del alternador utiliza un Síncrono de 10000 kW-3.5 kW, con una velocidad nominal de 93.75 rpm y una velocidad máxima de 240 rpm.

Y respecto a los servicios auxiliares tiene dos transformadores de 5 MVA – 6 kV/5,5 kV. Además un motor dieses-alternador de 600 kVA de arranque automático para casos de emergencia por fallos de la central. [9]

## 9. ESTUDIO DE VIABILIDAD Y PRESUPUESTOS

Definimos el Valor Actual Neto (VAN) que son los beneficios esperados de una inversión realizada en cierto momento y conservada a lo largo de su vida, radican esencialmente en la corriente de rendimientos futuros que se espera que la inversión propicie. La diferencia entre los ingresos y los gastos, descontados ambos, al año cero en el que el promotor comienza la inversión, es lo que se conoce como valor actualizado neto (VAN). Para calcular el VAN se emplea la fórmula siguiente:

$$VAN = -I_o + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{R_i - (O_i + M_i)}{(1 + r)^i} + V_r$$

En la que:

- $I_o$ : inversión inicial.
- $R_i$ : ingresos en el año  $i$
- $O_i$ : costos de operación en el año  $i$
- $M_i$ : costos de mantenimiento y reparación en el año  $i$
- $V_r$ : valor residual de la inversión al final de su vida, supuesto que la vida de los equipos sea superior a la de la inversión (por ejemplo, por expirar la concesión del agua).
- $r$ : tasa anual de descuento
- $n$ : número de años de vida del proyecto

### INVERSION INICIAL

Según el Presupuesto de Ejecución por Contrata, se deberá hacer una inversión de 1.757.917.83 €.

Los ingresos se calculan en base a la producción anual, y su precio de venta estipulado por el Real Decreto 661/2007 en el artículo 39 “*Tarifas para instalaciones de la categoría b), grupo b.3: geotérmica, de las olas, de las mareas, de las rocas calientes y secas, oceanográfica, y de las corrientes marinas*”. La categoría correspondiente a la instalación estudiada es la b.3. , que engloba a las centrales de energía mareomotriz, como la de mi instalación.

b.3			primeros 20 años	6,8900	0		
			a partir de entonces	6,5100	0		

Ilustración 9.1. PRECIO c€ DEL KWH SEGÚN EL BOE

Por tanto, los ingresos anuales durante los primeros 20 años serían:

$$\text{Ingresos anuales} = \text{Producción anual} \times \text{Precio de venta}$$

$$\text{Ingresos anuales} = 2101985.65 \text{ kWh} \times 6.8900 \frac{\text{c€}}{\text{kWh}} = 144826.8 \text{ €}$$

Tomando como ejemplo la Guía para el desarrollo de una pequeña central mareomotriz se va a estimar que la tarifa eléctrica subirá anualmente un 1 % por debajo de la tasa de inflación.

En relación con los costos de operación, mantenimiento y reparación, volvemos a tomar como ejemplo la Guía para el desarrollo de una pequeña central mareomotriz, y este costo se estima en un 4 % de la inversión total anualmente.

$$\text{COM} = 4\% \times 144826.8 \text{ €} = 5793.072 \text{ €}$$

Ahora debemos tener en cuenta el valor residual, que se tomará como nulo, aunque es posible que el equipo pueda funcionar más de 20 años.

La tasa anual de descuento hace sensibles los resultados del VAN y un error en la determinación de la tasa correcta puede alterar, e incluso invertir, el orden de preferencia de los mismos. Para un inversor la tasa de descuento será tal que le permita escoger entre invertir en un aprovechamiento mareomotriz o conservar sus ahorros en el banco. Normalmente, y en función del precio del dinero, la tasa variará entre el 5 % y el 12 %.

El cálculo se hará para un periodo de 20 años, que es lo que dura la concesión del recurso para este tipo de explotaciones.

Teniendo en cuenta las concesiones, que como he dicho antes en mi tipo de instalación es de 20 años, los datos obtenidos por el VAN marcan que una vez pasado el periodo de concesiones mi instalación no queda amortizada, marcando que mi inversión no es viable en este tipo de proyecto.

Teniendo en cuenta otros proyectos, para que sea una inversión aceptable la amortización tendría que ser como mucho de 8 años, o incluso menos.

CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN)								
AÑO	INVERSIÓN (€)	INGRESOS (€)	O&M (€)	CASH-FLOW(€)	CASH-FLOW ACUMULADO (€)	VAN (r=5%)	VAN (r=8,5%)	VAN (r=12%)
						suma acumulada	suma acumulada	suma acumulada
0	1.757.917,83			-1.757.917,83	-1.757.917,83	-1.757.917,83	-1.757.917,83	-1.757.917,83
1		144.826,81	35.158,36	109.668,45	-1.648.249,38	-1.653.471,68	-1.656.840,91	-1.659.999,57
2		143.378,54	35.158,36	108.220,19	-1.540.029,19	-1.555.312,78	-1.564.912,70	-1.573.727,10
3		141.944,76	35.158,36	106.786,40	-1.433.242,79	-1.463.066,67	-1.481.308,77	-1.497.718,65
4		140.525,31	35.158,36	105.366,95	-1.327.875,83	-1.376.381,02	-1.405.278,68	-1.430.756,04
5		139.120,06	35.158,36	103.961,70	-1.223.914,13	-1.294.924,31	-1.336.139,43	-1.371.765,38
6		137.728,86	35.158,36	102.570,50	-1.121.343,63	-1.218.384,62	-1.273.269,34	-1.319.799,97
7		136.351,57	35.158,36	101.193,21	-1.020.150,42	-1.146.468,50	-1.216.102,63	-1.274.025,30
8		134.988,05	35.158,36	99.829,70	-920.320,73	-1.078.899,83	-1.164.124,36	-1.233.705,76
9		133.638,17	35.158,36	98.479,82	-821.840,91	-1.015.418,86	-1.116.865,90	-1.198.192,96
10		132.301,79	35.158,36	97.143,43	-724.697,48	-955.781,22	-1.073.900,77	-1.166.915,37
11		130.978,77	35.158,36	95.820,42	-628.877,06	-899.757,01	-1.034.840,89	-1.139.369,29
12		129.668,98	35.158,36	94.510,63	-534.366,43	-847.129,95	-999.333,09	-1.115.110,77
13		128.372,29	35.158,36	93.213,94	-441.152,50	-797.696,61	-967.056,01	-1.093.748,54
14		127.088,57	35.158,36	91.930,21	-349.222,28	-751.265,61	-937.717,24	-1.074.937,79
15		125.817,69	35.158,36	90.659,33	-258.562,95	-707.656,92	-911.050,71	-1.058.374,67
16		124.559,51	35.158,36	89.401,15	-169.161,80	-666.701,22	-886.814,36	-1.043.791,41
17		123.313,91	35.158,36	88.155,56	-81.006,24	-628.239,24	-864.787,92	-1.030.952,05
18		122.080,77	35.158,36	86.922,42	5.916,18	-592.121,18	-844.771,04	-1.019.648,70
19		120.859,97	35.158,36	85.701,61	91.617,79	-558.206,15	-826.581,40	-1.009.698,16
20		119.651,37	35.158,36	84.493,01	176.110,80	-526.361,62	-810.053,19	-1.000.939,04

Tabla 9.1. ESTUDIO DE VIABILIDAD

## PRESUPUESTOS

### CIRCUITO HIDRÁULICO

#### CAPITULO 1: CONSTRUCCIÓN

##### PRESA

Código	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio en Letra	Importe unidad
1.01	0	0	<b>Preparación de la zona del trabajo,</b> acondicionamiento del emplazamiento	Dos mil trescientos treinta y cinco	2.335 €
1.02	50	M3	<b>Realización de ataguía,</b> para reconducir el curso de la marea y de la ría	Mil quinientos cincuenta y cinco	1.000 €
1.03	1000	M3	<b>Dragado del fondo marino,</b> operando mediante carga para la extracción de material	Treinta y uno con veinte	31,20 €
1.04	1100	M3	<b>Retirada del material dragado</b> mediante camiones	Siete con treinta y cinco	7,35 €
1.05	920	M3	<b>Hormigón en masa</b> para la construcción de la cimentación de la presa	Cuarenta y siete con cincuenta	47,50 €

Código	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio en Letra	Importe unidad
1.06	550	M3	<b>Hormigón para la losa de finalización,</b> aplicación que dará firmeza a la presa y remate a la parte superior	Ciento cinco con sesenta	105,60 €
1.07	150	M3	<b>Hormigón para la fijación de la estructura,</b> para dar a la estructura carácter de fijación	Sesenta y siete con veinte	67,20 €
1.08	1000	M3	<b>Relleno con materiales sueltos,</b> para la estructura total de la presa	Cincuenta y tres con sesenta	53,60 €
1.09	500	M2	<b>Mallazo de doble diámetro</b>	Cuatrocientos treinta con setenta	430,70 €

---



## CAPITULO 2: COMPUERTA

Código	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio en Letra	Importe unidad
2.01	1	Ud.	<b>Compuerta hidráulica</b> , para el paso de embarcaciones	Cinco mil doscientos sesenta con veinticinco	5.260,25 €
2.02	4	Ud.	<b>Compuerta de seguridad de medidas 2,50x2,60 m</b> , para regular la entrada de agua a las turbinas	Mil setecientos cincuenta con cincuenta	1.750,50 €
2.03	5	Ud.	<b>Sistema oleo hidráulico</b> , recibido en obra e instalado que regula las compuertas	Cuatrocientos treinta y cinco	435,00 €

CIRCUITO ELECTRO MECÁNICO

**CAPITULO 3: TURBOGENERADOR Y SISTEMAS DE CONROL**

Código	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio en Letra	Importe unidad
<b>4.01</b>	2	Ud.	<b>Turbogenerador Bulbo de 3000 kVA de potencia</b> , compuesta por turbina Bulbo y generador asíncrono junto a multiplicadora	Doscientos cincuenta mil	250.000 €

**CAPITULO 4: SISTEMAS  
AUXILIARES**

Código	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio en Letra	Importe unidad
<b>5.01</b>	2	Ud.	<b>Control auxiliar y tableros de control</b> , instalados y funcionando con la información de los panales	Setecientos treinta y cinco con cuarenta	735,40 €
<b>5.02</b>	2	Ud.	<b>Válvula de agua</b> , instalada para la limpieza de los álabes	Ciento veintisiete con sesenta	127,60 €
<b>5.03</b>	2	Ud.	<b>Freno turbogenerador</b> , instalación completa del sistema y prueba	Doscientos sesenta y cinco con cincuenta y cinco	265,55 €

Código	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio en Letra	Importe unidad
5.04	10	Ud.	<b>Tubo fluorescente de 40 W, instalado</b>	Catorce con cincuenta	14,50 €
5.05	4	Ud.	<b>Lámparas de vapor de sodio, instaladas en exterior y con sellado de juntas para protección ante agua</b>	Ciento ochenta con cincuenta	180,50 €
5.06	4	Ud.	<b>Fluorescente de emergencia de 8 W, instalado</b>	Noventa con cuarenta	90,40 €
5.07	8	Ud.	<b>Extintores, revisados e instalados conforme a la normativa de incendios actual</b>	Trescientos cincuenta con cincuenta	350,50 €
5.08	1	Ud.	<b>Batería de condensadores para emergencia abasteciendo a los sistemas de seguridad y control</b>	Seis mil ciento veintiocho	6.128 €
5.09	4	Ud.	<b>Picas de cable descubierto de 50 mm<sup>2</sup> de sección</b>	Trescientos veintitrés	323,00 €
5.10	50	M	<b>Cable desnudo de cobre de 50 mm<sup>2</sup>, instalado y testada su resistencia a tierra y conductividad</b>	Veinticinco con sesenta y cuatro	25,64 €

Código	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio en Letra	Importe unidad
5.11	200	M2	<b>Mallazo electro soldado con redondos de 4 mm de diámetro</b>	Veinticinco con cincuenta y cinco	25,55 €

---

## ACOPLAMIENTO

### CAPITULO 5: SUBESTACION BAJA/ALTA TENSIÓN

Código	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio en Letra	Importe unidad
<b>6.01</b>	1	Ud.	<b>Caseta prefabricada,</b> instala con rejillas y puertas conectadas a la tierra	Siete mil quinientos setenta y cinco	7.575 €
<b>6.02</b>	1	Ud.	<b>Transformador seco encapsulado al vacío 2500 kVA, 12/20 kV, instalado</b>	Treinta y cinco mil	35.000 €
<b>6.03</b>	4	Ud.	<b>Celda de interruptor de potencia en baja tensión de la marca ABB, instalada y megada</b>	Dos mil seiscientos sesenta con treinta	2.660 €
<b>6.04</b>	1	Ud.	<b>Celda de medida en alta tensión de potencia (seccionador), instalada y megada</b>	Diez mil ciento cincuenta con cincuenta	10.150,50 €
<b>6.05</b>	2	Ud.	<b>Relé de protección, instalado, programado con las protecciones necesarias y conectado</b>	Dos mil doscientos cinco con veinte	2.205 €
<b>6.06</b>	1	Ud.	<b>Unidad de teledisparo, instalada y verificada en base a las condiciones marcadas por la compañía eléctrica</b>	Treinta y cinco mil	35.000 €

**CAPITULO 6: LINEA DE MEDIA TENSION**

<b>Código</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio en Letra</b>	<b>Importe unidad</b>
<b>7.01</b>	1000	M	<b>Cable tripolar de aluminio 3x35 mm DHV 12/20 kV con aislamiento EPR, instalado en zanja bajo tubo y conectando a ambos Cts.</b>	Ochenta y cinco con setenta y cinco	85,75 €
<b>7.02</b>	2000	M	<b>Tubo de PVC de 160 mm de diámetro</b>	Tres con cincuenta	3,50 €
<b>7.03</b>	350	M3	<b>Excavación de zanja, con la utilización de una mini retro y el personal necesario</b>	Cuarenta y cinco con treinta	45,30 €
<b>7.04</b>	100	M3	<b>Trabajos de asfaltado y acondicionamiento, incluida maquinaria y mano de obra necesaria</b>	Veinticinco con diez	25,10 €

Finalmente el presupuesto parcial, donde obtenemos el presupuesto de ejecución por contrata, y por consiguiente, la inversión inicial que tenemos que realizar:

#### PRESUPUESTOS PARCIALES

Capítulo	Descripción	Importe
1	CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA	472.430,00 €
2	COMPUERTA	14.437,25 €
3	TURBOGENERADORES Y SISTEMAS DE CONTROL	500.000 €
4	SISTEMAS AUXILIARES	20.101,70 €
5	SUBESTACIÓN DE BAJA/ALTA TENSION	102.777,10 €
6	LINEA DE MEDIA TENSION	111.115,00 €

<b>TOTAL DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)</b>	<b>1.220.861,05 €</b>
--	-----------------------

<b>13 % de gastos generales</b>	158.711,94 €
---------------------------------	--------------

<b>6 % de beneficio industrial</b>	73.251,66 €
------------------------------------	-------------

<b>SUMA</b>	1.452.824,65 €
-------------	----------------

<b>21 % IVA</b>	305.093,18 €
-----------------	--------------

<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>	<b>1.757.917,83 €</b>
--	-----------------------

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada en cantidad de UN MILLÓN SETECIENTOS CINCUENTA Y SIETE MIL NOVECIENTOS DIECISIETE EUROS CON OCHENTA Y TRES CENTIMOS.

## 10.ACOPLAMIENTO

Unos de los factores más importantes en la producción de dicha energía, es la transformación de la misma para verterlo a la red de transporte. Para ello necesitamos un transformador y todos los aparatos de media tensión para la salida y distribución de la energía producida.

El transformador debe de estar protegido junto con todas las partes complementarias y para ello se protege mediante una caseta prefabricada donde acogerá todo el conjunto.

Esa caseta que hemos seleccionado tiene que cumplir una serie de requisitos:

- La longitud máxima deberá ser de 5 metros como máximo, distancia de referencia al edificio que tendrá que acoplarse.
- Según normativa deberá tener un grado de protección IP54 (protegido a acceso de piezas peligrosas, contra el polvo y contra salpicaduras de agua).
- Respecto a las rejillas de ventilación del interior del habitáculo deberán estar direccionadas al sentido contrario del oleaje para evitar entrada directa a dentro del recinto.
- Menor impacto visual, estéticamente hablando.
- Todas las rejillas o puertas tendrán que estar protegidas frente a ambientes agresivos para evitar la oxidación.

Teniendo en cuenta todo el cumplimiento de las características expuestas anteriormente, se lleva a cabo la elección del modelo PNCT2-MT de la compañía Adhorna. Es un edificio prefabricado mono bloque (hasta 24 kV).

La situación de este edificio prefabricado estará cerca de la instalación haciendo la función de centro de apoyo y conectándolo a un centro de transformación de una empresa que conectará directamente a red. La situación es la siguiente:





**Ilustración 9.1. SITUACIÓN EDIFICIO PREFABRICADO**





**Ilustración 9.2. SITUACION EDIFICIO Y CONEXIÓN CABLES**

El lugar donde queremos situar nuestro centro de apoyo para pasarlo a uno de paso a red es un lugar que tiene escotillas de conexión de cables y para la misma conexión solo sería necesario la instalación del transporte desde la central hasta este edificio.

El centro de transformación a red está situado en una urbanización muy pegada a la localización de nuestro edificio prefabricado y esta es la siguiente:



**Ilustración 9.3. SITUACION EDIFICIO VIESG**





**Ilustración 9.4. EDIFICIO VIESGO**



**Ilustración 9.5. PLACA INFORMACION EDIFICIO VIESGO**

El centro de transformación es de la empresa Viesgo y el número de serie es el expuesto en la imagen anterior.

A continuación se expondrá de forma aproximada, el dimensionamiento de la línea eléctrica en media tensión a 12 kV, que va a conectar nuestro edificio frontera con el Centro de Transformación de la compañía Viesgo.

La conducción de nuestras líneas se hará de forma soterrada, como ya he comentado anteriormente, el recorrido de dicha línea, será revisada por la autoridad responsable de la zona para cumplir la normativa.



La línea será de dos tubos de PVC de 150 mm de diámetro en el fondo de a zanja. Al constar de arquetas ya instaladas solo sería necesario meter nuestras líneas por el curso normal de las líneas previamente instaladas. Si fuese necesario, se colocarían arquetas en cada cambio de dirección y cada 25 metros, pero como la distancia desde nuestro edificio frontera hasta el CT de Visego es de 65 m no sería necesario la colocación de nuevas arquetas.

A la hora de verter la energía a la red, pasa una línea de transporte de 12 kV, que tiene como punto más cercano la subestación de Puente San Miguel, como se puede mostrar en la imagen:



**Ilustración 9.6. LINEAS DE TRANSPORTE**

Respecto a la utilización del cable, este sería un cable tripolar, con asilamiento en seco, tipo EPR, tensión nominal 12/20 kV y siglas DHV.

Como vamos a tener dos turbinas, habrá dos alternadores instalados en las mismas turbinas, que estarán a 660 V siendo esta la tensión a red debido a la conexión trifásica, y la potencia de cada alternador, la correspondiente a la máxima producción de potencia.

Estos generadores son más simples y solo sería necesaria la conexión a red que tendríamos hecha mediante nuestro punto frontera. Al contar con un generador asíncrono no sería necesario el control de la turbina, porque se mantendría a la frecuencia de la red, que en nuestro caso es de 50 Hz (frecuencia de la red de transporte en España). A pesar de esto debe constar de un detector de velocidad para asegurar llegar a la velocidad de sincronismo mediante un relé mecánico. También el control del generador se llevará a cabo mediante una batería de condensadores, que a su vez estarán controlados por tiristores.

Centrándonos un poco más en el transformador, es el encargado de transformar la tensión, de la medición de los diferentes parámetros de la corriente eléctrica, de la conexión a la línea de salida y de la distribución de la energía.

El transformador de tensión es uno de los elementos fundamentales de este equipamiento. Dependiendo de la tensión de trabajo del generador la transformación puede ser baja/media o media/alta tensión. El objetivo es elevar la tensión al nivel de la línea existente para permitir el transporte de la energía eléctrica con las mínimas pérdidas posibles.

En mi instalación necesitaré constar de un transformador situado en el edificio de frontera entre las torres de mis turbinas y el edificio de Viesgo que transporta directamente a red. El transformador elevará la baja tensión generada por los alternadores (660 V) a la media tensión de la red eléctrica que se encuentra en el lugar (12 kV).

Para la elección del tipo nos tenemos que fijar en las condiciones ambientales de la localización, que como está situada la central, es cerca del oleaje. Este factor nos orienta más a la elección de un transformador de tipo seco y encapsulado al vacío, características que destacan para el funcionamiento de transformadores en lugares húmedos o contaminados.

Este tipo de transformador no necesita mantenimiento y tiene una vida útil muy alta, comparada con otros tipos de transformadores en condiciones ambientales similares

Después de definir las características principales de nuestro sistema eléctrico y de nuestro método de transporte, llevo a cabo el diseño de media tensión mediante el programa de Amikit de Ormazabal donde me define todos los componentes estructurales y los cálculos realizados.

Se introducen las características de nuestro diseño y estructura el proyecto en varios apartados.

El primero las características de cada uno de los edificios que forman el diseño empezando por el edificio prefabricado que nos hace de frontera.

#### - Descripción

Los edificios para Centros de Seccionamiento pfu (en mi caso el edificio prefabricado seleccionado), de superficie y maniobra interior (tipo caseta), constan de una envolvente de hormigón, de estructura mono bloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la aparamenta de MT, hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.

La principal ventaja que presentan estos Centros de Seccionamiento es que tanto la construcción como el montaje y equipamiento interior pueden ser realizados íntegramente en fábrica, garantizando con ello una calidad uniforme y reduciendo considerablemente los trabajos de obra civil y montaje en el punto de instalación. Además, su cuidado diseño permite su instalación tanto en zonas de carácter industrial como en entornos urbanos.

#### - Envolvente

La envolvente de estos centros es de hormigón armado vibrado. Se compone de dos partes: una que aglutina el fondo y las paredes, que incorpora las puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo.

Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm<sup>2</sup>. Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kOhm respecto de la tierra de la envolvente.

Las cubiertas están formadas por piezas de hormigón con inserciones en la parte superior para su manipulación.



En la parte inferior de las paredes frontal y posterior se sitúan los orificios de paso para los cables de MT y BT. Estos orificios están semiperforados, realizándose en obra la apertura de los que sean necesarios para cada aplicación. De igual forma, dispone de unos orificios semiperforados practicables para las salidas a las tierras exteriores.

El espacio para el transformador, diseñado para alojar el volumen de líquido refrigerante de un eventual derrame, dispone de dos perfiles en forma de "U", que se pueden deslizar en función de la distancia entre las ruedas del transformador.

#### - Placa Piso

Sobre la placa base y a una altura de unos 400 mm se sitúa la placa piso, que se sustenta en una serie de apoyos sobre la placa base y en el interior de las paredes, permitiendo el paso de cables de MT y BT a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

#### - Accesos

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso de peatones (con apertura de 180º) y las rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero.

Las puertas de acceso disponen de un dispositivo de cierre con objeto de garantizar la seguridad de funcionamiento para evitar aperturas intempestivas de las mismas del Centro de Seccionamiento. Para ello se utiliza una cerradura de diseño **ORMAZABAL** que anclan las puertas en dos puntos, uno en la parte superior y otro en la parte inferior.

#### - Acabado

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura acrílica rugosa de color blanco en las paredes y marrón en el perímetro de la cubierta o techo, puertas y rejillas de ventilación.

Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

#### - Calidad

Estos edificios prefabricados han sido acreditados con el Certificado de Calidad AENOR de acuerdo a ISO 9000.

#### - Alumbrado

El equipo va provisto de alumbrado conectado y gobernado desde el cuadro de BT, el cual dispone de un interruptor para realizar dicho cometido.

#### - Varios

Sobrecargas admisibles y condiciones ambientales de funcionamiento según normativa vigente.

- Cimentación

Para la ubicación de los Centros de Seccionamiento pfu es necesaria una excavación, cuyas dimensiones variarán en función de la solución adoptada para la red de tierras, sobre cuyo fondo se extiende una capa de arena compactada y nivelada de 100 mm de espesor.

- Características detalladas

Nº reserva de celdas: 1  
Puertas de acceso peatón: 1 puerta de acceso

Dimensiones exteriores

Longitud:	3280 mm
Fondo:	2380 mm
Altura:	3045 mm
Altura vista:	2585 mm
Peso:	10545 kg

Dimensiones interiores

· Longitud:	3100 mm
· Fondo:	2200 mm
· Altura:	2355 mm

Dimensiones de la excavación

· Longitud:	4080 mm
· Fondo:	3180 mm
· Profundidad:	560 mm

Las características principales del transformador propuesto por dicho software, son las siguientes:

Transformador trifásico reductor de tensión, construido según las normas citadas anteriormente, de marca ORMAZABAL, con neutro accesible en el secundario, de potencia 2500 kVA y refrigeración natural Éster biodegradable, de tensión primaria 12 - 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2). [13]

- Otras características constructivas:

- Regulación en el primario:  $\pm 2,5\%$ ,  $+ 5\%$ ,  $+ 7,5\%$
- Tensión de cortocircuito (Ecc):  $\%6$
- Grupo de conexión: DYN11
- Protección incorporada al transformador: Relé DGPT2



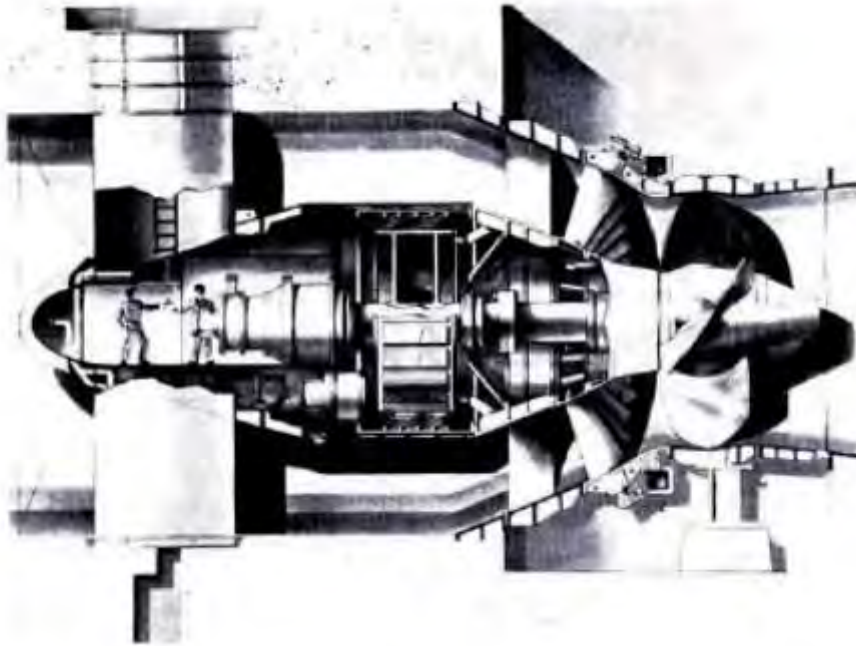
Ilustración 9.7. EDIFICIO FRONTERA

<b>Características</b>	<b>Opción</b>
Defensa transformador potencia	Con malla
Tensión nominal	24 kV
Puertas de acceso	1 Puerta
Transformadores	1 Transformador
Ventilación	Con Ventilación al pasar de 630 kVA, según norma

**Tabla 10.1. CARACTERÍSTICAS EDIFICIO PREFABRICADO**

Ahora bien, dentro de este pequeño edificio es donde meteremos el transformador que será el elemento encargado de elevar la tensión del generador hasta un valor donde sea posible el transporte de dicha energía. En nuestro caso la energía que va a generar nuestra central se va a ceder a una red de transporte donde la tensión es de 12 kV (siendo la compañía de distribución VIESGO y teniendo ese valor de tensión instalado en San Vicente). [8]

En este tipo de turbinas se suelen utilizar generadores síncronos, que ya vienen incorporados dentro de ella. Como hemos comentado anteriormente, estas turbinas tienen un número de revoluciones pequeño y por eso necesitamos un alternador de gran diámetro para aumentar el número de polos. Para la solución del gran diámetro del alternador, entra la instalación de un multiplicador de velocidad que irá instalado entre la turbina y el alternador, y teniendo la característica de que tenga muy pocas pérdidas mecánicas. La instalación de dicho multiplicador, hace que el alternador tenga menos polos y por consiguiente, menor diámetro. Un ejemplo de cómo sería el interior de dicha turbina con el alternador en su interior sería el siguiente:



**Ilustración 9.8. INTERIOR TURBINA BULBO**

A parte del transformador, están los equipos eléctricos que estarán dispuestos en cuadros eléctricos que estarán situados en la instalación y en el centro de control en el puerto. Estos equipos son los siguientes:

- Disyuntores y seccionadores, que se emplean para la conexión y desconexión a la red.
- Transformadores de medida, tanto de tensión como de intensidad, que facilitan los valores instantáneos de estas magnitudes en diversas partes de la instalación.
- Transformadores de equipos auxiliares, que suministran la tensión adecuada para el correcto funcionamiento de los equipos.
- Pararrayos o auto válvulas, que actúan como descargadores a tierra de las sobre intensidades que se producen.

La línea eléctrica necesaria para transportar la energía producida hasta la red de distribución ya está operativa, como ya hemos dicho anteriormente en el apartado de diseño, y está situada en una urbanización cercana al emplazamiento de nuestra central.[18]

Las características de la red que hay que conocer son la frecuencia y la tensión:

- Frecuencia, dato fijo en España. 50 Hz.
- Tensión. Como he comentado antes, 12 kV.

En el apartado de diseño se comenta la instalación de dos compuertas por cada turbina para evitar la entrada de agua en el sentido contrario al normal de generación de cada turbina. Para llevar el control de estas compuertas constará de un sistema de automatización el cual llevará el control de las compuertas, y regulará la cantidad de caudal con el que operará cada turbina en todo momento.

Su uso será predominante cuando el caudal sea mínimo, en el caso de que exceda los niveles, el agua se evacuará por el rebosero.

Como he comentado anteriormente este elemento actuará sobre las compuertas situadas en las entradas y salidas de las dos turbinas, permitiendo el paso hacia la turbina y evitando el paso hacia la otra turbina en el sentido contrario. También para evitar sobreesfuerzos de arranque y parada, se encargará de regular la entrada de agua de forma gradual.

Cerca de la entrada a las turbinas, habrá una sonda de nivel que traducirá los datos de nivel de agua a caudal, siendo este el dispositivo que utilizará para desarrollar sus funciones.

Finalmente en apartados anteriores se expone la situación del punto frontera donde irá el edificio prefabricado con el transformador que cambiará nuestra producción de baja tensión a media tensión y así conseguir el transporte hasta la subestación más cercana.

La energía producida por las turbinas y transformada por los dos alternadores que están incorporados en cada una de ellas, será transportada mediante un cableado subterráneo hasta las zonas de transformación. [17]

En primer lugar, se transportará hasta el edificio frontera donde se llevará a cabo la primera transformación de la energía transportada, cambiando la tensión obtenida de los alternadores a la tensión de transporte, siendo esta de 12 kV, que posteriormente será transportada hasta al edificio de vertido a red.

Por último en la siguiente imagen se muestra la situación de la presa y su apertura hidráulica (color blanco y rojo, respectivamente) y la línea subterránea que va desde la presa hasta el edificio frontera, y a continuación al edificio de la compañía distribuidora (línea de puntos negros).



**Ilustración 9.9. ESQUEMA TRANSPORTE ENERGÍA**



## **11.CONCLUSIONES**

Finalmente desde el punto de vista de las conclusiones, me gustaría hacer una evaluación de cómo sería de rentable o no la construcción de dicho proyecto en San Vicente de la Barquera.

En primer lugar, la idea de aprovechar el agua que entra y sale durante todos los días del año por dicha localización me parece brillante, a la vista está que las cifras calculadas son prometedoras, desde el punto de vista teórico. Pero a pesar de las cifras, el proyecto tiene muchos puntos débiles que no le podrían hacer rentable, desde el punto de vista social, ambiental y económico.

La semana pasada estuve realizando pequeños cuestionarios a gente de la zona de San Vicente de la Barquera de rangos de edad de entre 20 y 70 años. Ocho de las diez personas que las hice el cuestionario, no estaban de acuerdo con el proyecto. Las dos personas que no pusieron pegas a ello, eran dos jóvenes que veían con buenos ojos el desarrollo de energías renovables en la zona, y con ello disminuir la contaminación y tener una fuente de energía extra. Pero las otras ocho personas, que ya tenían una edad algo más avanzada, no estaban de acuerdo con el proyecto, porque ven ligada la vida en San Vicente de la Barquera a la práctica pesquera, y veían con temor los posibles problemas que podría causar dicha instalación en el sector pesquero.

Eso desde el punto de vista social, desde el punto de vista ambiental, la instalación de este proyecto en ese sitio concreto tocaría parte del parque natural de Oyambre, lo cual daría muchos problemas con la obtención de permisos de construcción y de protección del propio parque. También es un factor importante es la forma de afectar a la vida de la fauna que vive en la ría, que de forma ínfima se vería afectada.

Finalmente, como hemos visto en el análisis económico de la instalación, no se amortizaría en más de 20 años lo que no sería rentable la inversión en dicho proyecto.

## 12. BIBLIOGRAFIA

- [1] **4.4, VISOR SIGPAC V. 2020.** Mapama. [En línea] 2020. <http://sigpac.mapama.gob.es>.
- [2] **Alcalde, Pablo Hoyos. 2014.** *Proyecto de una central undimotriz para el autoconsumo del ayuntamiento de Comillas.* 2014.
- [3] **Bilbao, Máquina Eléctrica. 2018.** *Catálogo Motores Trifásicos MEB S.A.* 2018.
- [4] **Diez, Pablo Fernandez. 2013.** *Salto neto, semejanza y colinas de rendimiento.* 2013.
- [5] **Eduardo Martínez Marín – Paloma Batanero Akerman – Ignacio Martínez González – Elena González Ordóñez. 2007.** *Diseño de pequeñas presas, traducción de la 3ª edición americana.* 2007.
- [6] **Elecnor. 2020.** Selección de edificios prefabricados para Transformadores. [En línea] Elecnor, 2020. <http://www.adhorna.es/>.
- [7] **Estado, Boletín Oficial del. 2007.** *Real Decreto 661/2007, regulación de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.* 2007.
- [8] **Fernandez, Diego Saiz. 2019.** *Proyecto de mejora de la central hidroeléctrica de la Flor.* 2019.
- [9] **García, Raúl Guanche. 2020.** *Energía de las mareas y las corrientes.* 2020.
- [10] **IDAE.** Instituto para diversificación y el ahorro de energía. [En línea] <http://www.idae.es>.
- [11] *La central mareomotriz del Rance.* **Antolín, Jose Miguel Marañón. 2008.** 3322.02, La Rance : s.n., 2008.
- [12] **Mareas, Tabla de. 2020.** Tabla de mareas para la pesca . [En línea] 2020. <https://tablademareas.com>.
- [13] **Ormazabal, Amikit de. 2020.** *Generador de sistemas de media tensión.* 2020.
- [14] **Osorio, José Francisco Sanz. 2016.** *Energía Hidroeléctrica.* Zaragoza : UNE, 2016.
- [15] **Pastor, Jorge Tomás. 2019.** *Diseño de una Máquina axial para la recuperación energética en una depuradora.* Valencia : s.n., 2019.
- [16] *Predimensionamiento de turbinas bulbo.* **Pedro Zapico Gutiérrez, Pedro García Merayo. 2016.** ROP 3580, 2016.
- [17] **Román, María de Gracia Torralba. 2019.** *Instalación de las Primeras Turbinas Bulbo en Andalucía. Pequeñas centrales.* España, 2019.



- [18] **Soriano, Jose Agüera. 2006.** *Mecánica de fluidos incompresible y máquinas hidráulicas.* 2006.
- [19] **Soriano, José Agüera. 2011.** *Turbinas Hidráulicas.* 2011.

### **13.PLANOS**

**PLANO 1: Situación de la Presa**

**PLANO 2: Superficie Inundada a cota -2.3 metros**

**PLANO 3: Superficie Inundada a cota -1.84 metros**

**PLANO 4: Superficie Inundada a cota -1.38 metros**

**PLANO 5: Superficie Inundada a cota -0.92 metros**

**PLANO 6: Superficie Inundada a cota 0**

**PLANO 7: Superficie Inundada a cota 0.92 metros**

**PLANO 8: Superficie Inundada a cota 1.38 metros**

**PLANO 9: Superficie Inundada a cota 1.84 metros**

**PLANO 10: Superficie Inundada a cota 2.3 metros**

**PLANO 11: Sección de la Presa**

**PLANO 12: Esquema principio**

**PLANO 13: Ubicación de la instalación**

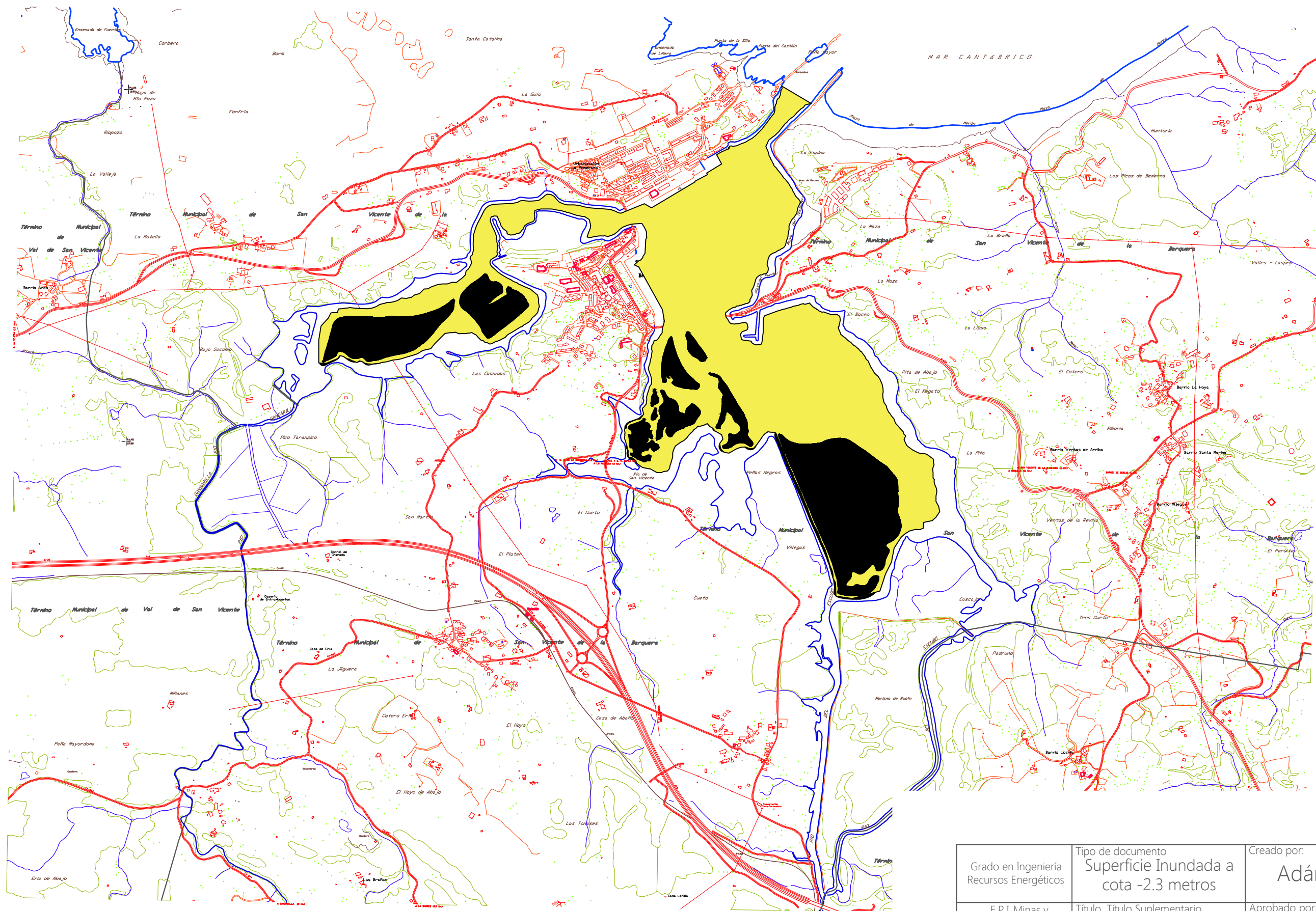
**PLANO 14: Emplazamiento de la instalación**



Escala:  
1:4

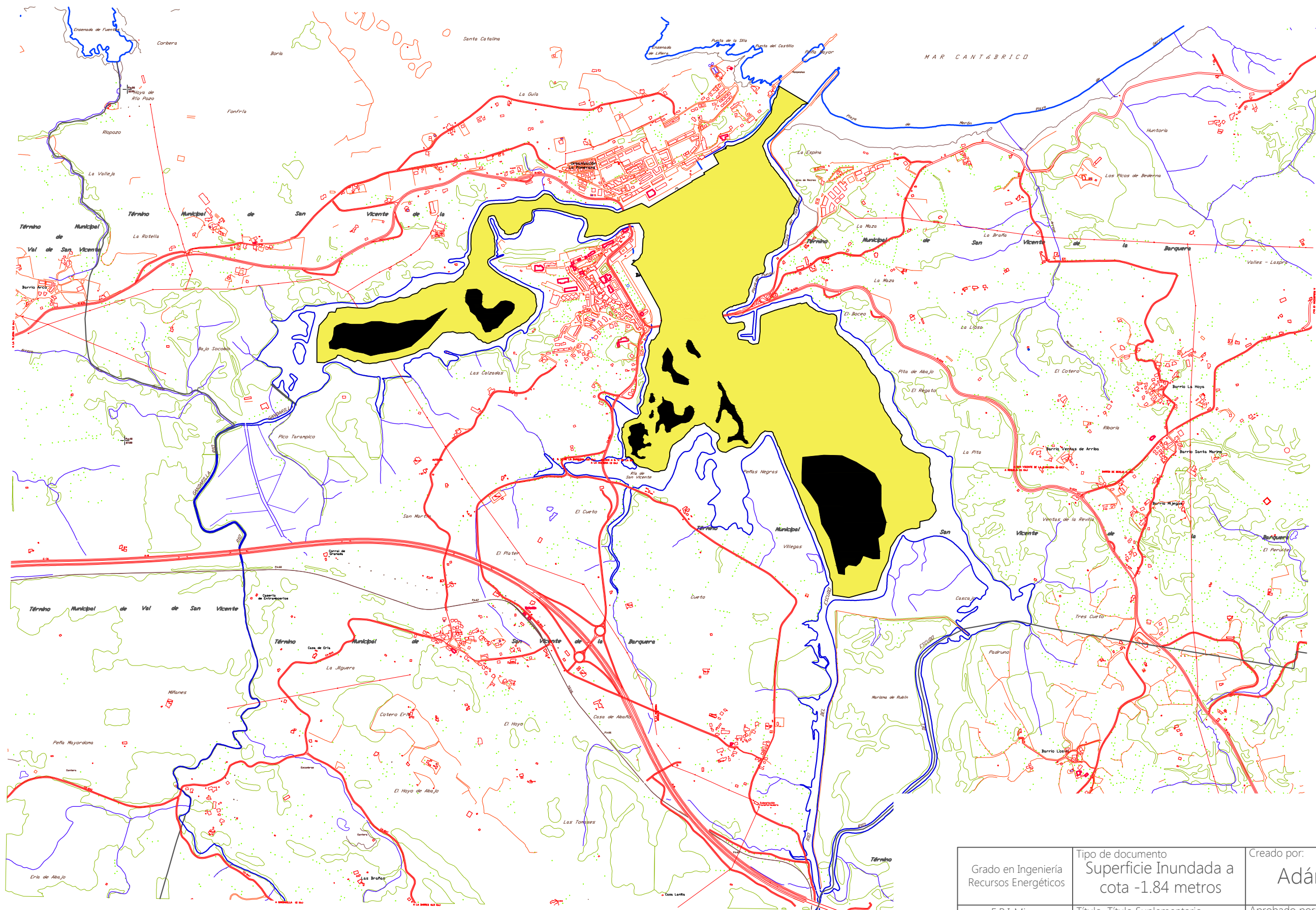
<div>Grado en Ingeniería Recursos Energéticos</div> <div>E.P.I. Minas y Energías</div> <div><div>UC</div><div>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</div><div></div></div>	Tipo de documento		Creado por:	
	Situación de la Presa		Adán Rábago	
	Título. Título Suplementario		Aprobado por:	Rev.
<div>Estudio de energía mareomotriz en la bocana de la ría de San Vicente de la Barquera</div>	Ramón Lecuna Tolosa		1	
	Referencia técnica:		Idioma	
	Mapa topográfico San Vicente de la Barquera		Es	
Fecha		Nº de Plano		Hoja
03/07/2020		1		1/1





Escala:  
1:20

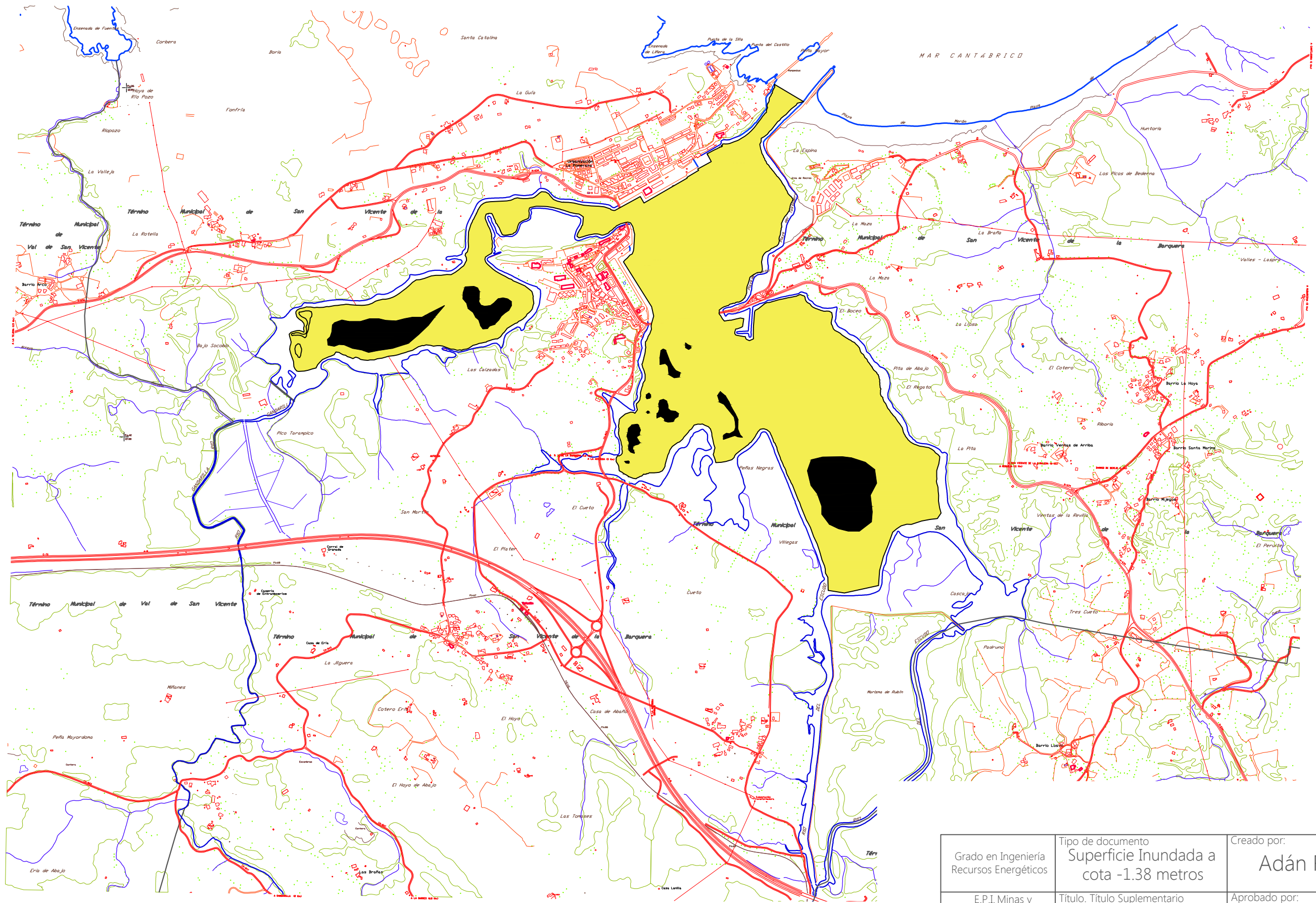
<div>Grado en Ingeniería Recursos Energéticos</div> <div>E.P.I. Minas y Energías</div> <div><div>UC</div><div>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</div><div></div></div>	Tipo de documento Superficie Inundada a cota -2.3 metros		Creado por: Adán Rábago	
	Título. Título Suplementario Estudio de energía mareomotriz en la bocana de la ría de San Vicente de la Barquera		Aprobado por: Ramón Lecuna Tolosa	Rev. 1
			Referencia técnica: Superficies inundadas San Vicente de la Barquera	Idioma Es
			Fecha 03/07/2020	Nº de Plano 2 Hoja 1/1




Escala:  
1:20

<div>Grado en Ingeniería Recursos Energéticos</div> <div>E.P.I. Minas y Energías</div> <div><div>UC</div><div>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</div><div></div></div>	Tipo de documento Superficie Inundada a cota -1.84 metros		Creado por: Adán Rábago	
	Título. Título Suplementario Estudio de energía mareomotriz en la bocana de la ría de San Vicente de la Barquera		Aprobado por: Ramón Lecuna Tolosa	Rev. 1
			Referencia técnica: Superficies inundadas San Vicente de la Barquera	Idioma Es
	Fecha 03/07/2020	Nº de Plano 3	Hoja 1/1	

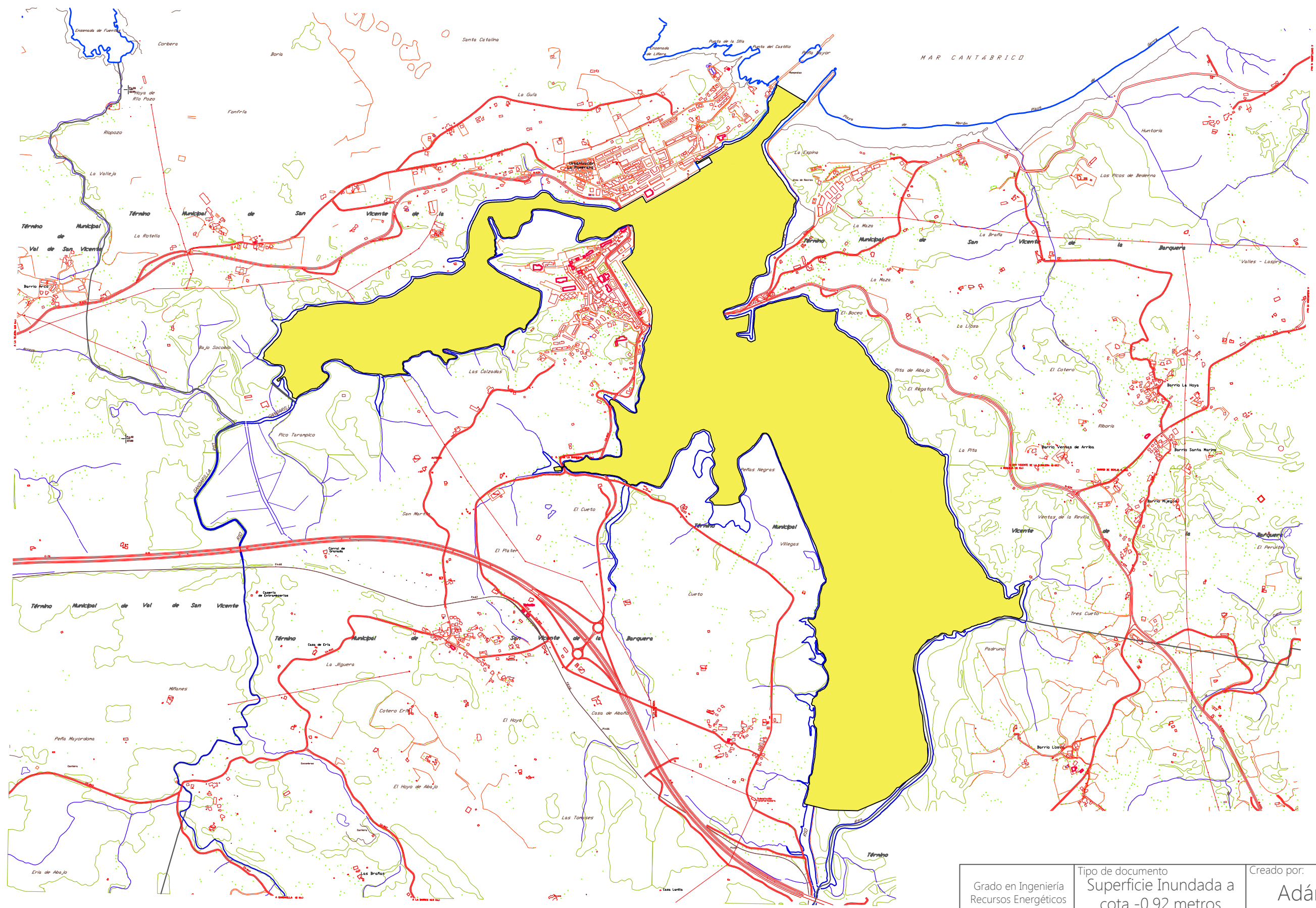






Escalas:  
1:20

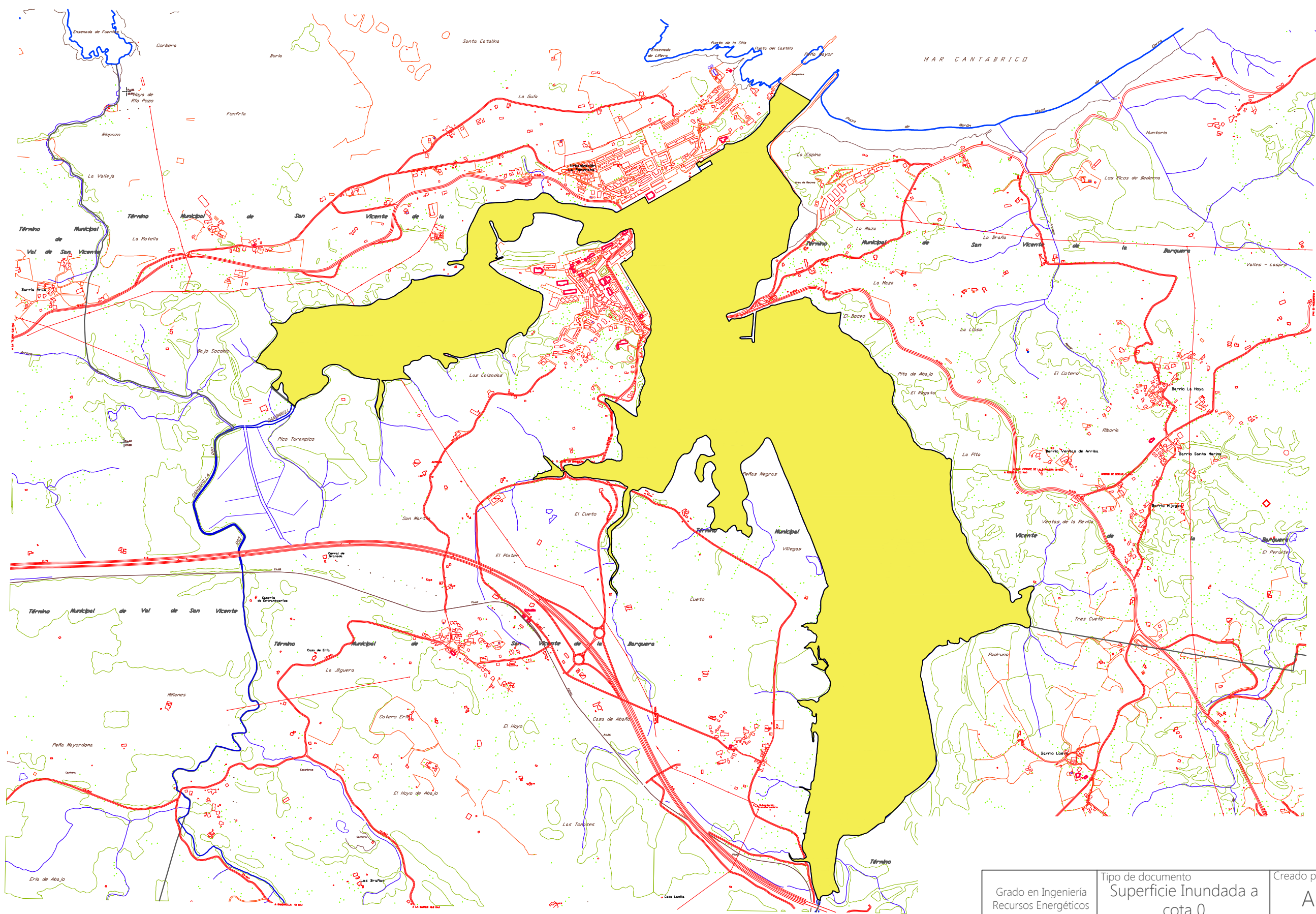
Grado en Ingeniería Recursos Energéticos	Tipo de documento Superficie Inundada a cota -1.38 metros	Creado por: Adán Rábago		
	E.P.I. Minas y Energías	Título. Título Suplementario	Aprobado por: Ramón Lecuna Tolosa	Rev. 1
		Estudio de energía mareomotriz en la bocana de la ría de San Vicente de la Barquera	Referencia técnica: Superficies inundadas San Vicente de la Barquera	Idioma Es
			Fecha 03/07/2020	Nº de Plano 4
				Hoja 1/1





Escala:  
1:20

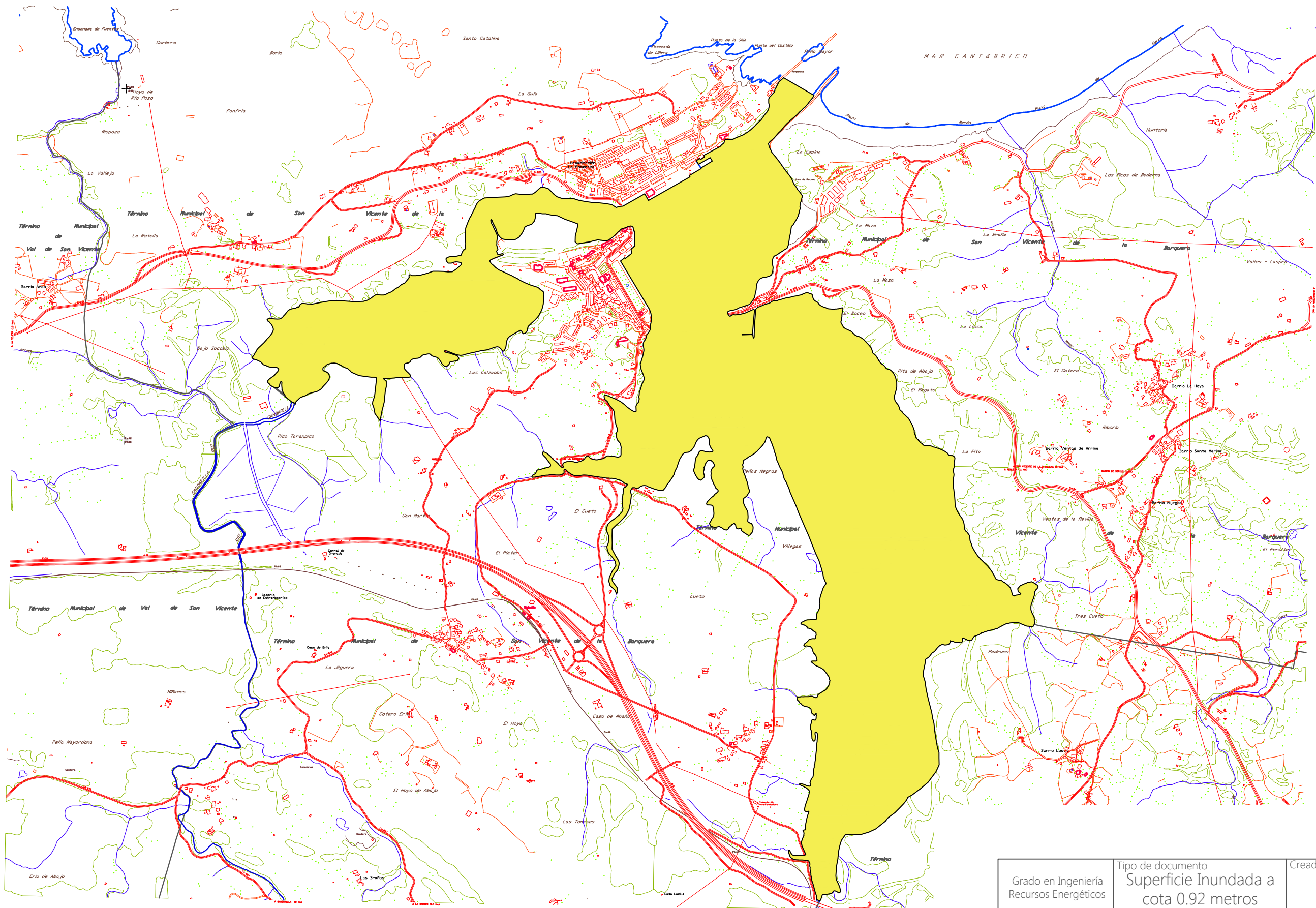
<div>Grado en Ingeniería Recursos Energéticos</div> <div>E.P.I. Minas y Energías</div> <div></div>	Tipo de documento Superficie Inundada a cota -0.92 metros		Creado por: Adán Rábago	
	Título. Título Suplementario Estudio de energía mareomotriz en la bocana de la ría de San Vicente de la Barquera		Aprobado por: Ramón Lecuna Tolosa	Rev. 1
			Referencia técnica: Superficies inundadas San Vicente de la Barquera	Idioma Es
	Fecha 03/07/2020	Nº de Plano 5	Hoja 1/1	



Escala:  
1:20

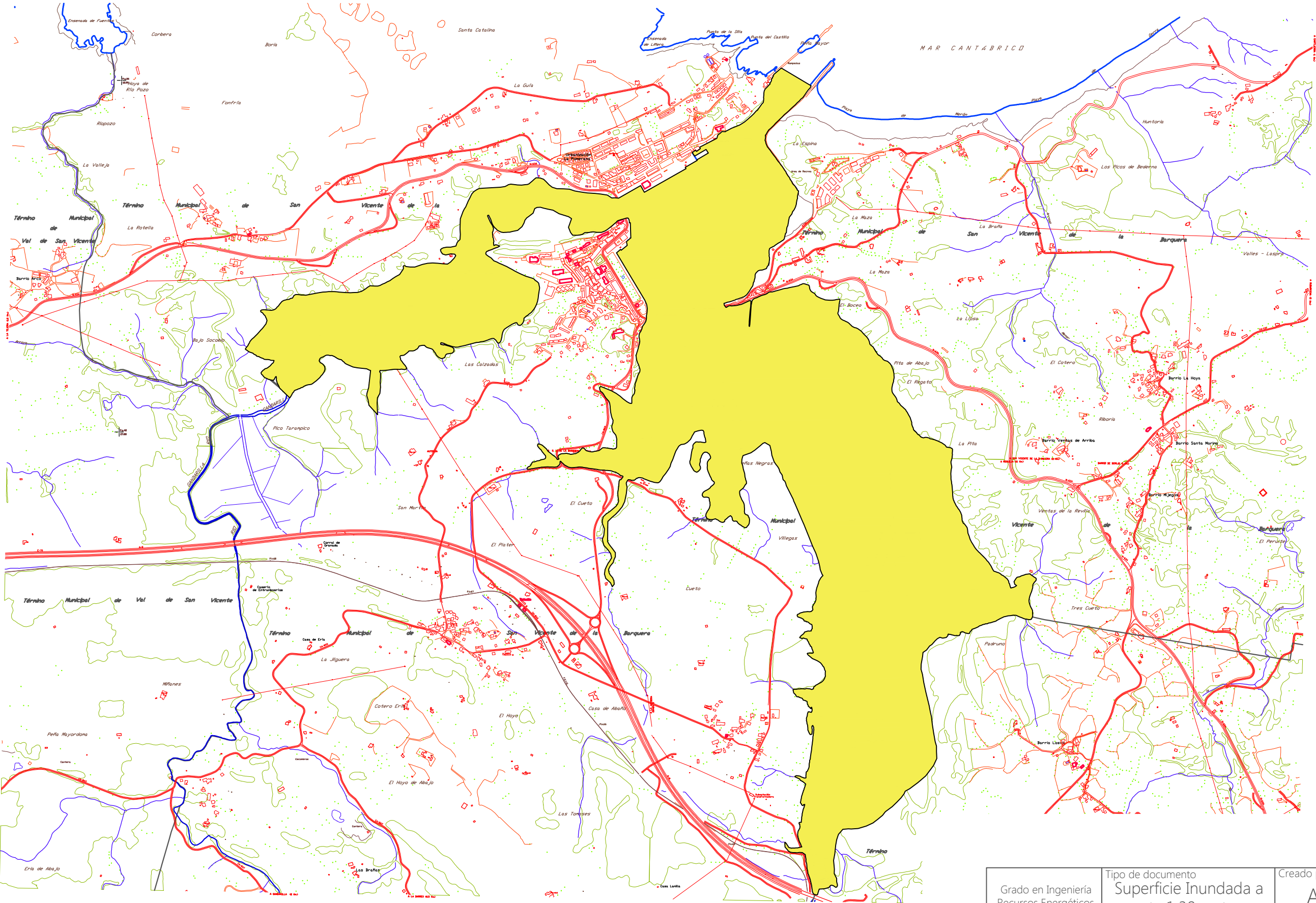
<div>Grado en Ingeniería Recursos Energéticos</div> <div>E.P.I. Minas y Energías</div> <div><div>UC</div><div>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</div><div></div></div>	Tipo de documento Superficie Inundada a cota 0		Creado por: Adán Rábago	
	Título. Título Suplementario Estudio de energía mareomotriz en la bocana de la ría de San Vicente de la Barquera		Aprobado por: Ramón Lecuna Tolosa	Rev. 1
			Referencia técnica: Superficies inundadas San Vicente de la Barquera	Idioma Es
	Fecha 03/07/2020	Nº de Plano 6	Hoja 1/1	





Escalas:  
1:20

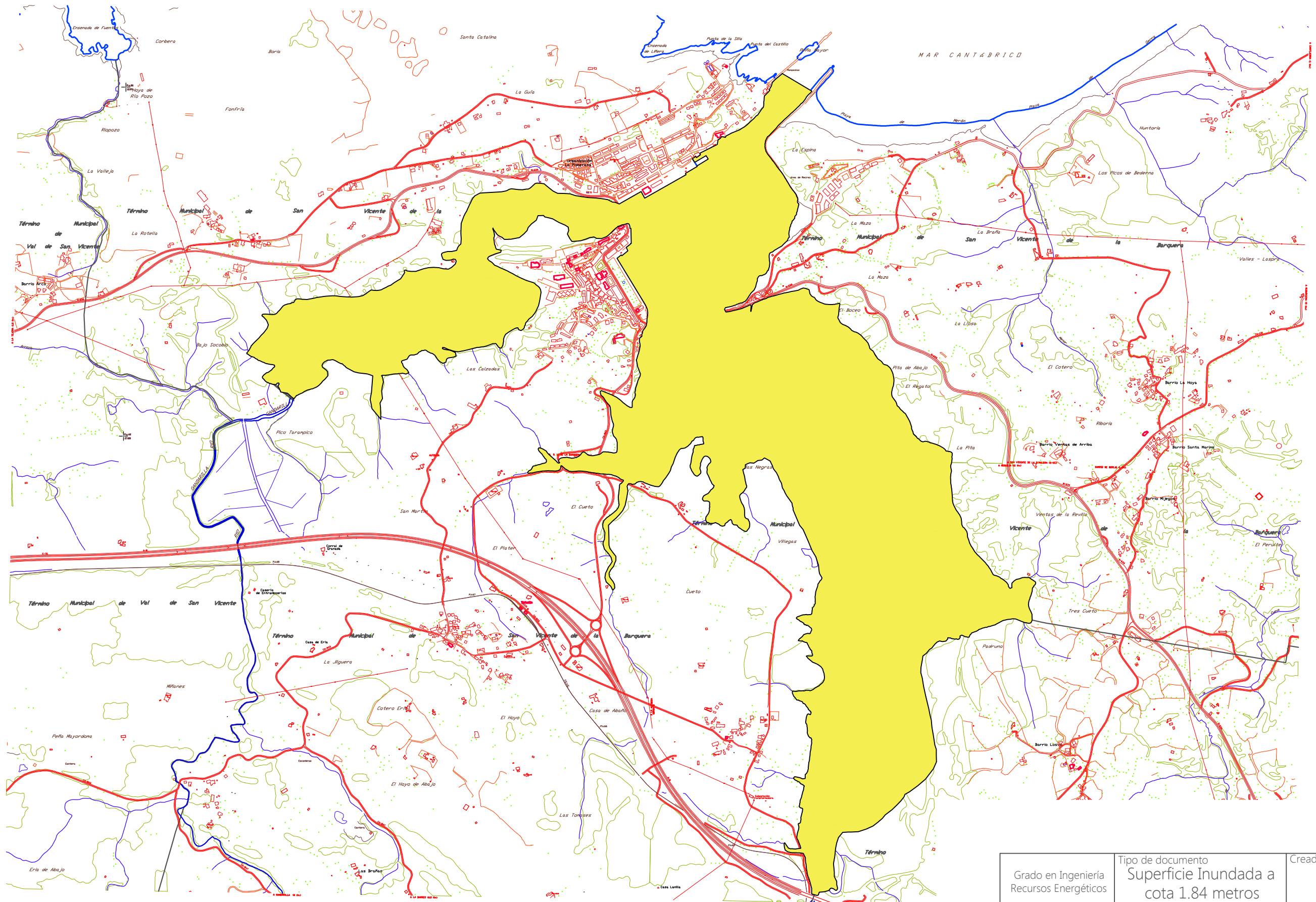
<div>Grado en Ingeniería Recursos Energéticos</div> <div>E.P.I. Minas y Energías</div> <div><div>UC</div><div>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</div><div></div></div>	Tipo de documento Superficie Inundada a cota 0.92 metros		Creado por: Adán Rábago	
	Título. Título Suplementario Estudio de energía mareomotriz en la bocana de la ría de San Vicente de la Barquera		Aprobado por: Ramón Lecuna Tolosa	Rev. 1
			Referencia técnica: Superficies inundadas San Vicente de la Barquera	Idioma Es
	Fecha 03/07/2020	Nº de Plano 7	Hoja 1/1	



Escalas:  
1:20

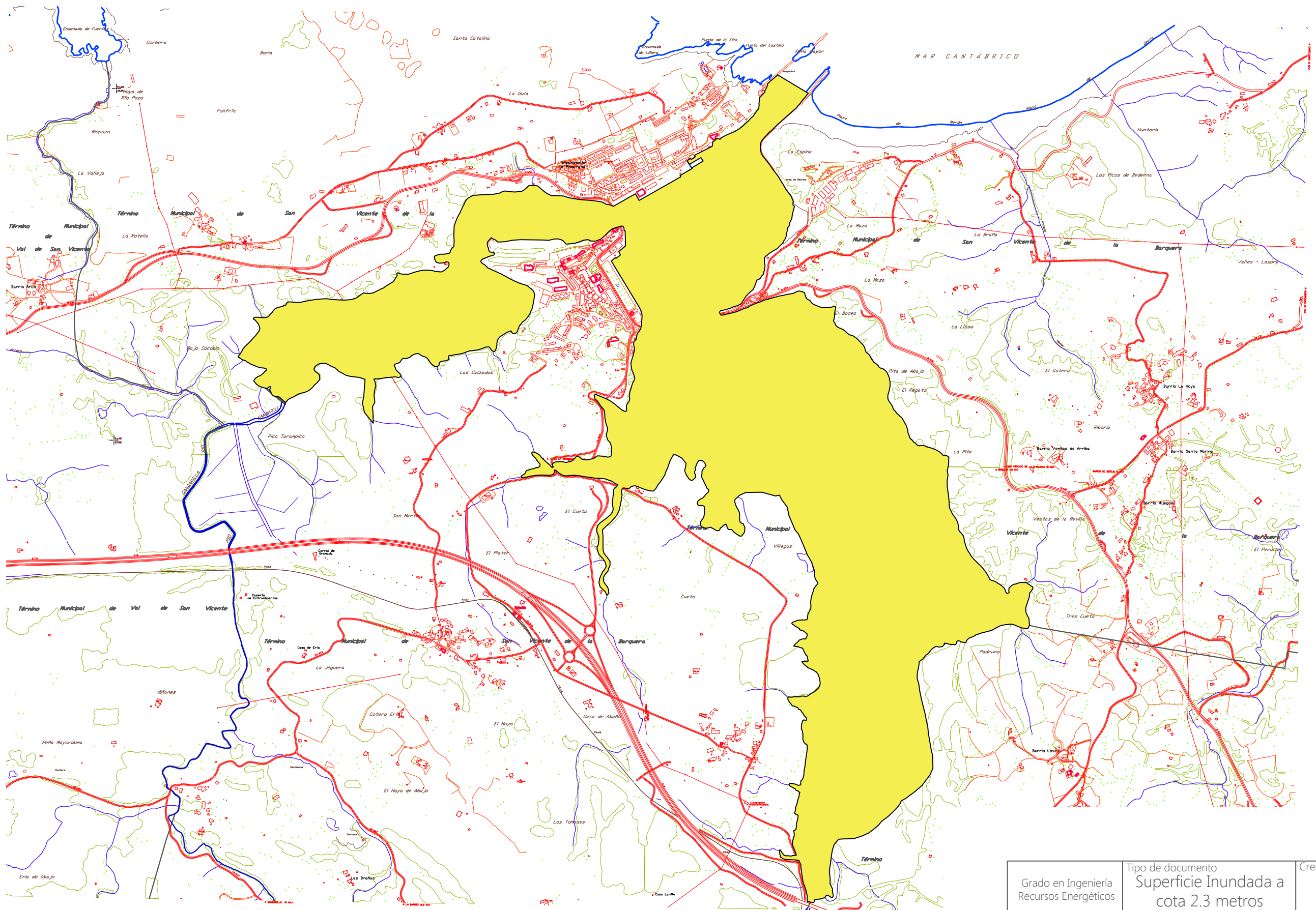
<div>Grado en Ingeniería Recursos Energéticos</div> <div>E.P.I. Minas y Energías</div> <div><div>UC</div><div>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</div><div></div></div>	Tipo de documento Superficie Inundada a cota 1.38 metros		Creado por: Adán Rábago	
	Título. Título Suplementario Estudio de energía mareomotriz en la bocana de la ría de San Vicente de la Barquera		Aprobado por: Ramón Lecuna Tolosa	Rev. 1
			Referencia técnica: Superficies inundadas San Vicente de la Barquera	Idioma Es
			Fecha 03/07/2020	Nº de Plano 8 Hoja 1/1





Escalas:  
1:20

<div>Grado en Ingeniería Recursos Energéticos</div> <div>E.P.I. Minas y Energías</div> <div><div>UC</div><div>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</div><div></div></div>	Tipo de documento Superficie Inundada a cota 1.84 metros		Creado por: Adán Rábago	
	Título. Título Suplementario Estudio de energía mareomotriz en la bocana de la ría de San Vicente de la Barquera		Aprobado por: Ramón Lecuna Tolosa	Rev. 1
			Referencia técnica: Superficies inundadas San Vicente de la Barquera	Idioma Es
	Fecha 03/07/2020	Nº de Plano 9	Hoja 1/1	



Escala:  
1:20

Grado en Ingeniería  
Recursos Energéticos

E.P.I. Minas y  
Energías



Tipo de documento  
Superficie Inundada a  
cota 2.3 metros

Título. Título Suplementario  
Estudio de energía  
mareomotriz en la  
bocana de la ría de San  
Vicente de la Barquera

Creado por:  
Adán Rábago

Aprobado por:  
Ramón Lecuna Tolosa

Referencia técnica:  
Superficies inundadas San Vicente de la Barquera

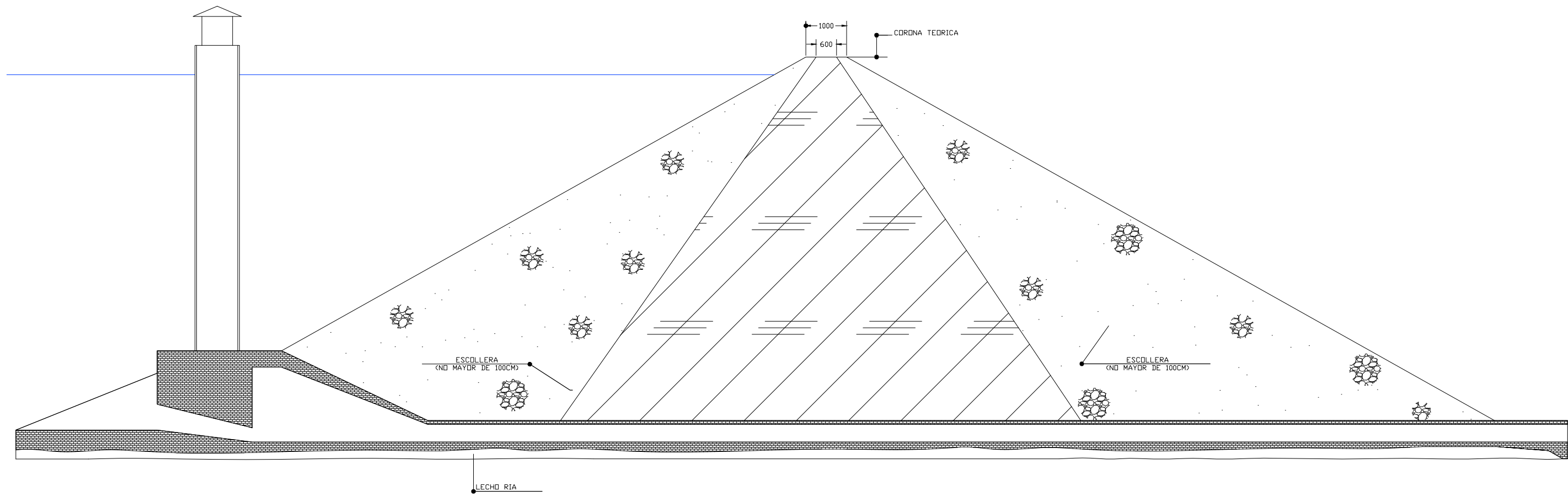
Fecha  
03/07/2020

Nº de Plano  
10



Rev.  
1

Idioma  
Es

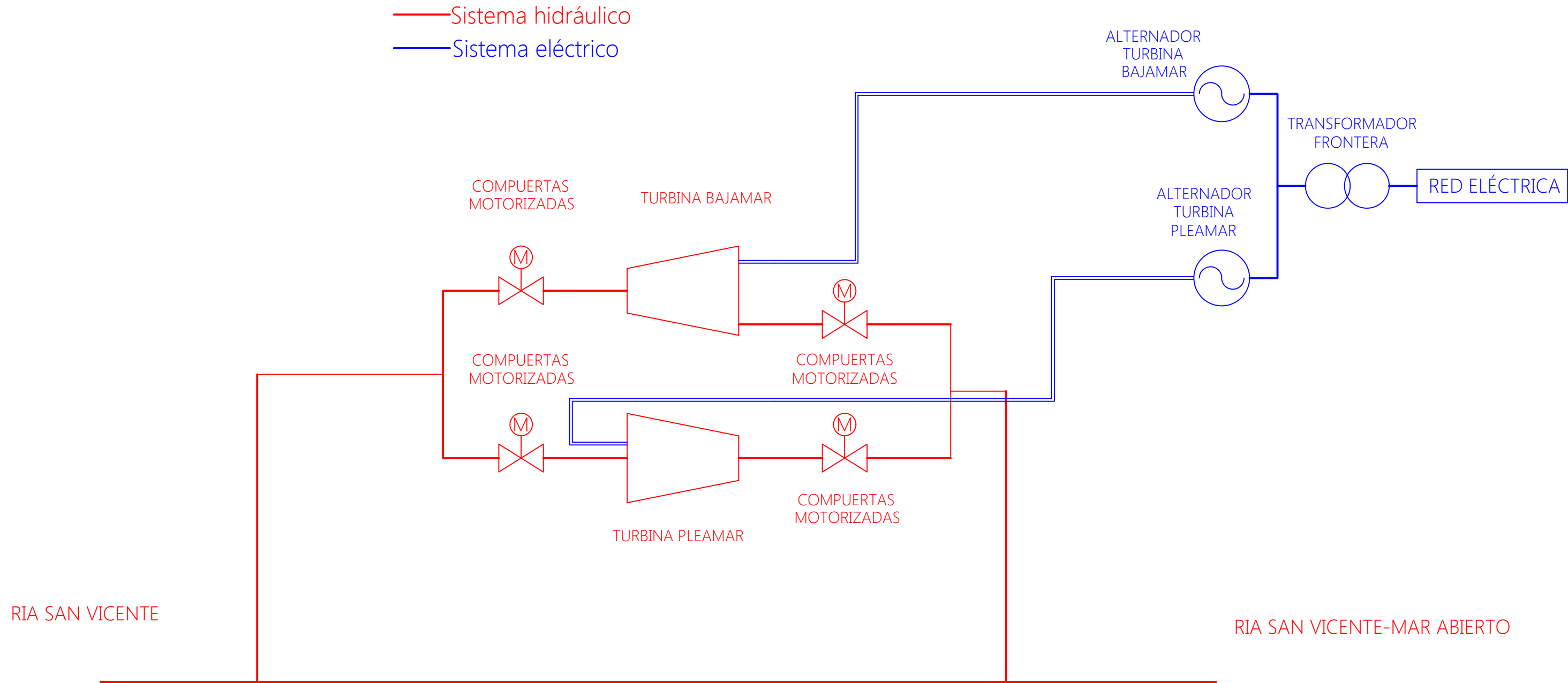
Hoja  
1/1




Escalas:  
4/1

<div>Grado en Ingeniería Recursos Energéticos</div>	Tipo de documento	Creado por:		
	Sección Presa	Adán Rábago		
<div>E.P.I. Minas y Energías</div> <div></div>	Título. Título Suplementario	Aprobado por:	Rev.	
	Estudio de energía mareomotriz en la bocana de la ría de San Vicente de la Barquera	Ramón Lecuna Tolosa		1
		Referencia técnica:	Idioma	
		Sección Presa del Emplazamiento		Es
		Fecha	Nº de Plano	Hoja
		03/07/2020	11	1/1





Grado en Ingeniería Recursos Energéticos	Tipo de documento Esquema de principio	Creado por: Adán Rábago		
E.P.I. Minas y Energías	Título. Título Suplementario Estudio de energía mareomotriz en la bocana de la ría de San Vicente de la Barquera	Aprobado por: Ramón Lecuna Tolosa	Rev. 1	Idioma Es
		Referencia técnica: Estudio de una central mareomotriz en la bocana de San Vicente de la Barquera	Idioma Es	
		Fecha 03/07/2020	Nº de Plano 12	Hoja 1/1




Escalas:  
1/1



ESTUDIO CENTRAL MAREOMOTRIZ EN LA BOCANA DE SAN VICENTE DE LA BARQUERA



Grado en Ingeniería Recursos Energéticos	Tipo de documento Ubicación de la instalación	Creado por: Adán Rábago		
E.P.I. Minas y Energías	Título. Título Suplementario Estudio de energía mareomotriz en la bocana de la ría de San Vicente de la Barquera	Aprobado por: Ramón Lecuna Tolosa	Rev. 1	Idioma Es
		Referencia técnica: Estudio de una central mareomotriz en la bocana de San Vicente de la Barquera	Fecha 03/07/2020	Nº de Plano 13
				Hoja 1/1



Escala:  
1/1

<div>Grado en Ingeniería Recursos Energéticos</div> <div>E.P.I. Minas y Energías</div> <div><div>UC</div><div>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</div><div></div></div>	Tipo de documento	Creado por:		
	Emplazamiento de la instalación	Adán Rábago		
	Título. Título Suplementario	Aprobado por:	Rev.	
	Estudio de energía mareomotriz en la bocana de la ría de San Vicente de la Barquera	Ramón Lecuna Tolosa	1	
		Referencia técnica:	Idioma	
		Estudio de una central mareomotriz en la bocana de San Vicente de la Barquera	Es	
		Fecha	Nº de Plano	Hoja
		03/07/2020	14	1/1